

Con la colaboración de Ingeniería Sin Fronteras y Asociación Comunitaria
Unidad por el Agua y la Agricultura

Estudio de sistemas de bombeo de agua potable en comunidades rurales salvadoreñas

Diagnóstico de la eficiencia energética y medidas de
mejora





Ingeniería
Sense Fronteras

Resumen

En Centroamérica existen importantes problemas de abastecimiento de agua potable, sobre todo en las zonas más rurales. El Salvador es un claro ejemplo de ello. En este país, y como medida a esta problemática, se han construido a lo largo de los últimos años, varios sistemas de agua potable y saneamiento rural con varios mecanismos funcionales: sistemas de bombeo electromecánico, manual o sistemas por gravedad.

Estos sistemas están mantenidos económicamente y técnicamente por la comunidad, por lo que, para poder ser un recurso presente y futuro, su funcionalidad no debe conllevar un gasto muy elevado. Sin embargo, los sistemas de bombeo electromecánicos tienen un consumo energético muy alto, lo que encarece los sistemas de agua potable y por consecuencia directa el agua y su acceso para la población rural salvadoreña.

Este proyecto consiste en el estudio técnico y operacional de los sistemas de bombeo de agua potable de 14 sistemas comunitarios de la Cordillera del Bálsamo, con el fin de crear una base de datos técnicos de los sistemas, para dar pie a futuros análisis con objetivo de reducir el coste energético y mejorar su funcionalidad.

Tras el análisis de los gastos y diagnóstico de la eficiencia energética, se han investigado los cambios que se pueden llevar a cabo sobre el modelo existente para cumplir esta mejora. Después de detallar las características de cada una de estas medidas y bajo criterios técnicos, económicos, ambientales y teniendo en cuenta las perspectivas sociales, se han dado una serie de recomendaciones con el objetivo de mejorar y mantener la autosuficiencia de la comunidad respecto a este recurso y poder así luchar por su derecho humano al agua.

Este proyecto se lleva a cabo con la ayuda de Ingeniería Sense Fronteres (ESF) presentes en el terreno, así como de la Asociación Comunitaria Unida por el Agua y la Agricultura (ACUA) el apoyo de la Universidad Centro-Americana (UCA).

Sumario

RESUMEN	1
SUMARIO	4
1. PREFACIO	7
1.1. Origen del proyecto.....	7
1.2. Motivación	7
1.3. Requisitos previos.....	8
2. INTRODUCCIÓN	9
2.1. Objetivos del proyecto	9
2.2. Alcance del proyecto.....	9
3. LA REALIDAD SALVADOREÑA	11
3.1. Contexto político, social y económico [1], [2].....	11
3.2. La problemática del agua [3].....	12
3.3. ACUA y ASAPS [4]	13
3.4. ADESCOS y comité de agua [5].....	13
4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:	15
4.1. Desarrollo del proyecto de análisis de eficiencia:.....	15
4.2. Programa de conocimiento de la realidad	18
5. PRESENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE	21
5.1. Localización de los sistemas:	21
5.2. Diagnóstico funcional de los sistemas.....	23
5.2.1. Área social	23
5.2.2. Área ambiental	24
5.2.3. Área económica	25
5.2.4. Área técnica.....	25
5.3. Estructura de los sistemas.....	27
5.3.1. Fuentes del recurso hídrico y métodos de captación [6]	27
5.3.2. Alimentación eléctrica	28
5.3.3. Equipo electromecánico y red de impulsión.....	29
5.3.4. Tanque de distribución, red de distribución y acometidas	29
5.3.5. Tablas explicativas	31



6. DIAGNÓSTICO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LOS SISTEMAS DE BOMBEO	32
6.1. Etapas del diagnóstico	32
6.1.1. Investigación inicial, recolección de información y planificación	32
6.1.2. Recolección de datos e información en campo	33
6.1.3. Aparatos de medidas y mediciones de campo	34
6.1.4. Análisis de la información y evaluación de la eficiencia	35
6.1.5. Identificación de oportunidades de ahorro de energético y propuestas de mejora	36
6.2. Estudio de los sistemas	37
6.2.1. Suministro eléctrico	37
6.2.2. Tarifa	37
6.2.3. Transformadores	41
6.2.4. Factor de potencia	43
6.2.5. Conductores	44
6.2.6. Motores	45
6.2.7. Bombas y condiciones de operación	48
6.2.8. Abductoras, líneas de impulsión y redes de distribución	51
6.2.9. Automatización del proceso	52
6.2.10. Fugas	53
6.2.11. Operación, mantenimiento y reparaciones de equipos	55
6.3. Conclusiones y recomendaciones	56
7. IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO	60
8. PRESUPUESTO	61
9. CONCLUSIONES	63
10. ANEXOS	64
10.1. Extracto de la Constitución Salvadoreña	64
10.2. Ejemplo de memoria de visita a comunidad: San Juan Buenavista	65
10.3. Ejemplo de Ficha Técnica	71
10.4. Ejemplo de Ficha de Mediciones	72
10.5. Fotografías sistemas	73
10.5.1. El Majahual	73
10.5.2. Los Ángeles San Blas	73
10.5.3. El Charcón	74
10.5.4. El Caoba	75
10.5.5. ASCATLI	75

10.5.6. Desvío de Amayo	76
10.5.7. Cangrejera Centro	77
10.5.8. Dinamarca	78
10.5.9. San Luis El Coyolar	78
10.5.10. ASCOBAPCO	79
10.5.11. El Triunfo	80
10.5.12. Tilapa	80
10.5.13. San Juan Buenavista	81
10.6. Estructura transformador	82
10.7. Tabla de equivalencias	83
11. BIBLIOGRAFÍA	84
Referencias bibliográficas	84
Bibliografía complementaria	84



Ingeniería
Sense Fronteras

1. Prefacio

Existen enormes desigualdades en el mundo, entre las cuales, las más importantes son las inigualadas de acceso a los recursos básicos como la alimentación, la salud y la educación. Para ponerle fin, el primer paso es la concienciación de la sociedad. Si estamos todas unidas, compartiendo un mismo anhelo por un mundo mejor, todo es posible.

1.1. Origen del proyecto

La cooperación ha permitido en los últimos años, ayudar a países en vía de desarrollo a mejorar la calidad de vida de las comunidades más desfavorecidas. En El Salvador, como en muchos países de Latinoamérica, la ayuda se centra en las necesidades básicas de supervivencia. La alimentación y el derecho a agua potable son elementos clave de estas ayudas. Sin embargo, esta ayuda debe ser presente y futura y permitir a las poblaciones la autosuficiencia. Este proyecto se centra en el estudio técnico del funcionamiento de 14 sistemas de agua potable de comunidades rurales de La Libertad, con el fin de dar las herramientas necesarias para la autogestión del recurso.

El origen del proyecto es la lucha por el derecho humano al agua. En los países desarrollados, este recurso es accesible a todas las personas, pero en países en desarrollo la situación es muy diferente. No existen leyes, o no se aplican, para proteger a las comunidades más desfavorecidas. De ahí la necesidad de dar apoyo desde los países desarrollados para darles los medios necesarios a estas personas para que puedan tener los mismos derechos que todos nosotros.

Gracias a la cooperación internacional, ya se han llevado a cabo numerosos proyectos de ayuda. Pero esta ayuda debe ser constante y amparar todos los aspectos posibles para permitir a las comunidades en las que se han destinado estos proyectos, que puedan seguir gestionándose sin la necesidad del apoyo indefinido de la cooperación.

1.2. Motivación

El derecho humano al agua tiene que ser un derecho real y apoyado por las leyes constitucionales de todos los países del mundo. No puede ser una mercancía como sucede en países en vía de desarrollo. Cada uno de nosotros puede cambiar el mundo. La

ingeniería social debe ser una carta de esta mejora aportando conocimientos técnicos como herramientas de mejora de calidad de vida a las poblaciones más desfavorecidas.

1.3. Requisitos previos

Para lograr realizar este proyecto, se ha previamente participado en Ingeniería Sin Fronteras desde su actuación en el Norte, participando en el grupo de trabajo de El Salvador, para entender previamente las necesidades del país, el contexto de trabajo y el contacto con una ONG local. Se organizó la agenda de ACUA en su visita a Barcelona en conmemoración de los 10 años de la organización. Ahí se tuvo el encuentro con el director y el presidente de la asociación y se descubrió la necesidad de realizar este proyecto.



Enginyeria
Sense Fronteres

2. Introducción

Este proyecto tiene como objetivo dar soporte técnico a los sistemas de agua potable comunitarios de zonas rurales del Salvador, sensibilizando y dando herramientas para que puedan seguir gestionándose a largo plazo, dándoles así más libertad y permitiéndoles llevar las riendas de sus vidas, sabiendo que tienen unos derechos por los que tienen que luchar. Gracias al logro personal y comunitario que crea esta autonomía, las comunidades se motivarán a seguir avanzando en la dirección del progreso y mejoramiento de su calidad de vida.

2.1. Objetivos del proyecto

Los objetivos específicos del proyecto son los siguientes:

- Analizar el funcionamiento de los sistemas de agua potable
- Identificar las mejoras posibles para minimizar el consumo energético
- Plantear estudios técnicos de mejoras para dirigir futuros proyectos
- Crear una base de datos con la información actualizada del estado de los sistemas para iniciar la documentación de estos con el fin facilitar futuros estudios
- Dar las herramientas oportunas para que la comunidad sea capaz de realizar ésta análisis por sus propios medios
- Mejoras cualitativas de operación y mantenimiento concienciando de su importancia

2.2. Alcance del proyecto

El alcance del proyecto es el estudio técnico del funcionamiento de 114 sistemas de agua potable de diferentes comunidades. El estudio consiste en el análisis de los parámetros eléctricos e hidráulicos de los sistemas, mediante relevo de información previa y en campo, y las mediciones oportunas. También se ha analizado la operación y el mantenimiento de éstos, considerando la metodología de relevo de datos de los operarios, el método de

trabajo, los conocimientos técnicos, la automatización de los procesos y el control de fugas e incidencias. Tras el análisis de esta información se han encontrado patrones de mejoras y conclusiones generales y recomendaciones que pueden permitir el mejoramiento de la funcionabilidad de los sistemas.



Enginyeria
Sense Fronteres

3. La realidad Salvadoreña

Para poder entender bien la misión y el desarrollo de éste proyecto, es muy importante tener una visión general de la situación actual del país, de la problemática del agua y de la estructura y función de la ONG que forma la contraparte de este proyecto.

3.1. Contexto político, social y económico [1], [2]

El Salvador es uno de los países más pequeños y densamente poblados del continente americano. Su economía se basa principalmente en la industria y gran parte de su comercio se efectúa mediante tratados de libre comercio con EEUU y otros países cercanos. El mayor beneficiario de este tratado es la industria de las maquilas, que proporciona más de 88.700 puestos de trabajo. El Informe Mundial sobre el Desarrollo Humano, coloca al país en la posición 90 respecto a los 169 países del estudio, lo que lo caracteriza como un país de desarrollo humano medio. Sin embargo, el Salvador sufre una gran desigualdad económica y social. En el 2007 a nivel nacional, el 20% de la población más pobre recibió el 6,1% del ingreso, mientras el 20% de la población más rica percibió el 48% del ingreso. La mayor tasa de pobreza se localiza en zonas rurales. Además, según datos del Ministerio de El Salvador, en 2010 el índice de analfabetismo fue del 17,9%, de los cuales, el 62% eran mujeres y en su mayoría provenientes del área rural de país. Debido a esta situación económica, muchas familias se han visto obligadas a separarse y emigrar a países como Estado Unidos, enviando remesas a sus familiares como fuente de ingreso principal.

En los años ochenta, la represión sufrida por el pueblo salvadoreño, controlado por cinco grandes familias que poseían toda la industria cafetalera del país, así como por numerosos sucesos anteriores, estalló una guerra civil que dejaría a su paso 75.000 muertos, 8.000 desaparecidos y cerca de un millón de exiliados. En el conflicto armado, se enfrentaron principalmente, por un lado, el gobierno, representado por la Alianza Republicana Nacionalista (ARENA) y el Frente Farabundo Martí por la Liberación Nacional (FMLN), frente guerrillero representante del pueblo salvadoreño. Tras los acuerdos de paz de 1992, se celebraron elecciones democráticas dando por ganador al partido de ARENA, que permaneció en el poder hasta el 2009, donde el FMLN ganó por primera vez las elecciones, heredando un país con altas deudas, un gran índice de pobreza, corrupción y problemas sociales.

Debido a los numerosos exilios durante la guerra y la muerte de muchos salvadoreños, muchos jóvenes sobreviviente desarraigados y expatriados se juntaron formando pandillas,

denominadas en El Salvador como, maras. Cuando estos jóvenes volvieron al Salvador una vez estabilizada la situación del país, estas maras evolucionaron a un nivel superior de crimen organizado. Hoy en día, el Salvador es uno de los países más violentos y peligrosos del mundo.

La dualidad política, la gran pobreza y la fuerte violencia del país, acompañada por una serie de desastres naturales que han azotado el país en los últimos años, colocan al Salvador en una situación muy compleja y con una gran crisis económica y social.

3.2. La problemática del agua [3]

El Salvador es uno de los países con mayor cantidad de agua a nivel mundial. Sin embargo, los sectores populares y rurales sufren escasez de este recurso ya que el servicio y administración pública del agua es ineficiente y excluyente. Mientras que el 74% de los hogares salvadoreños reciben servicio de agua, a menudo intermitente, el resto de la población no dispone de este recurso. En zonas rurales, tan solo un 32% tiene acceso a servicios de agua de calidad muy inferior a la de las zonas urbanas y a veces incluso contaminada. En las comunidades más pobres del país, se calcula que la recolección del agua supone un 14% del tiempo de las familias, en la mayoría de casos, papel que asumen las mujeres y los niños.

Pese a estar establecido por la constitución (Anexo 10.1), el agua no representa un derecho humano en el país. De forma completamente opuesta, se está privatizando el recurso, cediéndolo a empresas adineradas que suponen mayor beneficio para el estado que las comunidades rurales salvadoreña.

Además, debido al cambio climático, el recurso se hace aún más escaso en épocas secas, lo que tiene grandes repercusiones en la salud de las personas pero sobretodo en el cultivo, que es la fuente principal de ingreso de muchos habitantes de zonas rurales. Para enfrentar esta situación y luchar por el derecho humano al agua, se ha creado la Junta de Agua, asociación donde participan muchas organizaciones, entre las cuales se encuentran ACUA y ESF. Existe también la Mesa del Agua, organización Arenera que se opone a la junta del agua, queriendo privatizar el recurso hídrico.



Enginyeria
Sense Fronteres

3.3. ACUA y ASAPS [4]

La organización donde se ha realizado este análisis, es decir, la contraparte de ESF, es la Organización No Gubernamental ACUA, Asociación Comunitaria Unida por el Agua y la Agricultura. Su misión consiste en trabajar con un enfoque integral, popular y equitativo en la gestión alternativa de territorios, acompañando a poblaciones vulneradas y empobrecidas en el proceso de auto potenciación de sus capacidades políticas, económicas, sociales y ambientales, contribuyendo a mejorar su calidad de vida, mediante un proceso continuo de iniciativas solidarias en materia de recursos hídricos, seguridad y soberanía alimentaria. Entre su línea estratégica destacan la gestión sustentable de los recursos hídricos, la gestión comunitaria de riesgos y cambio climático, la gestión sostenible y solidaria de recursos productivos, la organización y apropiamiento comunitario y territorial y el fortalecimiento Institucional. Los ejes transversales de esta asociación son: la equidad de género, la concienciación hacia el medio ambiente y la participación comunitaria. Las tres luchas principales que ACUA lleva en pie son: la lucha por el Derecho Humano al Agua, por el Derecho Humano a la Alimentación y por la Vida en la Cordillera del Bálsamo.

El método utilizado en ambas organizaciones para la transmisión de información a la comunidad es mediante la elaboración de talleres, dando capacitaciones u organizando reuniones con debates entre diferentes comunidades para crear incidencia e incentivar la actuación hacia el propósito de mejora de calidad de vida de las comunidades participantes.

Este proyecto se sitúa en la línea de gestión sustentable de recursos hídricos y a la lucha por el Derecho Humano al Agua.

En apoyo a esta última línea estratégica, se formó la Asociación de Sistemas Autónomos de Agua Potable y Saneamiento (ASAPS). Esta asociación agrupa a diferentes sistemas de agua de varias comunidades, dándoles soporte, capacitaciones y ayuda técnica para mantener su autosuficiencia. Las facilitadoras de ACUA que trabajan con la ASAPS son Karina y Nurian. Este proyecto ha sido realizado con la intención de analizar y documentar el estado de los sistemas de agua, para dar a la vez un soporte técnico a la ASAPS.

3.4. ADESCOS y comité de agua [5]

Las ADESCOS son Asociaciones de Desarrollo Comunal que promueven el desarrollo y mejoramiento de las condiciones de las comunidades en El Salvador. Los miembros de la asociación tienen como función principal identificar las necesidades más importantes de la

comunidad, buscar métodos de mejoras con el fin de para cubrir estas necesidades y animar a otros miembros para que se involucren más en el mejoramiento del sistema.

El comité de agua es una estructura organizativa de apoyo a la ADESCO y electa en asamblea comunal, que promueve la participación de la gente y trabaja en la protección y defensa de las fuentes de agua, gestiona ante diversas instancias gubernamentales y no gubernamentales y administra de manera transparente el sistema de agua potable de la comunidad. Sus responsabilidades principales son las de gestionar y demandar a las instancias del Estado (ANDA, Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, Gobierno Municipal, Gobierno Nacional, Ministerio de Medio Ambiente) la solución a la problemática de desabastecimiento de agua potable y exigir y participar en la protección de las principales fuentes de agua de la comunidad. El comité de agua debe entonces vigilar y dar seguimiento a la institución del Estado en el cumplimiento de su obligación de garantizar el derecho humano al agua potable.



Enginyeria
Sense Fronteres

4. Descripción del proyecto:

En el proyecto llevado a cabo en El Salvador, se ha realizado un estudio de la eficiencia energética de los sistemas de agua potable, cuyo desarrollo se detalla a continuación. Acompañado de este proyecto más técnico, se ha llevado a cabo un Programa de Conocimiento de la Realidad, transformando el conjunto en un proyecto de ingeniería social.

4.1. Desarrollo del proyecto de análisis de eficiencia:

Para entender el funcionamiento y la estructura de un sistema de bombeo, se realizó una primera visita al sistema de agua de ASCATLI, que suministra agua a la comunidad de Tihuapa Norte y Tlacuxtli. Antes de comenzar la visita, se organizó una reunión con los responsables de la junta de agua de la comunidad y con el operario del equipo. En ella se presentó el objetivo del proyecto y la vinculación con ACUA y las ASAPS. Esta primera explicación es de extrema importancia debido a la complicada situación del país: se están llevando a cabo aforos de fuentes de agua en muchas zonas del territorio con el fin de privatizarlas, privando así del recurso a las comunidades más desfavorecidas. En esta comunidad en particular, como en muchas otras, se han tenido varias visitas de técnicos de ANDA (Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados), cuya intención era relevar datos del sistema y en muchas de estas visitas los técnicos explicaron previamente al operario presente en el sistema, que provenían de una ONG y querían estudiar el sistema para un futuro proyecto de cooperación. Esto crea mucha confusión dentro de la comunidad así como desconfianza. Por esta razón, se tiene que visitar la comunidad acompañado de un representante de las ASAPS y explicar bien el objetivo de la visita.

A continuación, los representantes de la junta de agua se presentaron y explicaron cómo se había llegado a construir el sistema, como se llegaron a organizar con ese fin y como estaban organizados hoy en día para darle sostenibilidad al sistema y al proyecto de agua que va mucho más allá del simple abastecimiento de agua a las familias de la comunidad. *Ver apartado 3. La realidad Salvadoreña y anexo 10.2. Ejemplo de memoria de visita a comunidad.* Después de esta explicación se procedió a la visita de la infraestructura con el acompañamiento del operario del sistema, Don Toño. Se empezó en la zona de bombeo y de la caseta de control, lugar donde tuvo lugar la reunión, se hizo el recorrido de toda la red de impulsión, del tanque de distribución y finalmente de las acometidas domiciliarias en casa de Niña Kelly, donde se repartió un refrigerio como agradecimiento.

Gracias a esta primera toma de contacto con un sistema de agua comunitario y con la población rural salvadoreña, se empezaron en paralelo la investigación sobre los diferentes elementos que componen la estación, su función y funcionamiento, así como el proyecto de conocimiento de la realidad salvadoreña que se describe en el apartado 4.2.

Tras este primer estudio técnico, se procedió a la investigación sobre el estudio de la eficiencia energética, su estructura y los aspectos a analizar que son responsables de gasto energético y con potencial de ahorro. A continuación se hizo un recopilatorio de la información y los datos necesarios para la investigación, así como las mediciones en campo necesarias para el estudio y del equipo necesario para dichas mediciones (apartado 6.1).

Junto con ACUA, se hizo una primera organización de actividades y planificación del proyecto. Como la elaboración de este proyecto no estaba financiada, la ONG no podía asumir los gastos de transporte y visitas a comunidades, y la manera de poder hacer dichas visitas fue la de aprovechar los talleres y reuniones de Karina, trabajadora de ACUA y facilitadora de las ASAPS, para hacer las mediciones de los sistemas y recolecta de información. Se decidió, por lo tanto, utilizar la visita al sistema de ASCATLI para empezar la investigación de eficiencia energética, con ese sistema, como proyecto piloto. Se planificó también una segunda visita al sistema de ASCATLI, para poder hacer las mediciones oportunas y recolección de datos, así como la visita a la comunidad de San Juan Buena Vista.

Una vez estructurada toda la información que era necesaria recopilar, se investigó sobre la información disponible en ACUA y ESF. Se obtuvieron la distribución territorial de los sistemas, algunos documentos analizando el estado de éstos, auditorías realizadas por la ONG así como carpetas técnicas y manuales de operación y mantenimiento de algunos sistemas. Sin embargo, la información técnica disponible sobre los sistemas no estaba actualizada ni contenía toda la información necesaria para el estudio energético.

Se elaboró entonces, una ficha técnica para relevar los datos técnicos de los diferentes sistemas, así como otra para recolectar la información de las mediciones que se harían a posteriori en campo y solucionar el déficit de información disponible en la ONG (Anexo 10.3).

Se investigaron también los equipos de medición disponibles en ACUA y ESF, así como su funcionamiento y su precisión. Para conseguir los equipos faltantes, se pidieron a todas las universidades del país, mediante diferentes métodos de contacto. Pero esta búsqueda fue infructuosa a sus inicios.

A continuación, tuvo lugar la segunda visita al sistema, donde se pretendía relevar toda la información faltante y recolectar los datos necesarios para el estudio. La información disponible fue insuficiente, por falta de documentación de los sistemas y conocimientos por



Ingeniería
Sense Fronteres

parte del operario. Tampoco se obtuvieron facturas del consumo energético ni el gasto de agua de la comunidad.

Tras la segunda visita al sistema de ASCATLI, y la falta de datos e información recolectados, se abandonó la idea de utilizar este sistema como piloto y se procedió a la visita de la comunidad de San Juan Buena Vista y a su análisis como nuevo proyecto de investigación inicial. Una razón de éste cambio fue que el sistema de ASCATLI, además de no facilitar la información indispensable para su estudio, es uno de los sistemas más recientes y mejorados de todos los sistemas analizado. Por esta razón suponía el sistema con menor potencial de ahorro. En cambio, en San Juan Buena Vista todos los equipos tenían una antigüedad mayor y el estudio de este sistema podía revelar un mayor número de mejoras, y por lo tanto, ser un estudio más útil para la comunidad.

Se realizó la visita a la comunidad de San Juan Buena Vista en el cual se hicieron las mediciones oportunas, viables con el equipo disponible, y se relevaron todos los datos que los operarios podían transmitir por sus conocimientos del sistema. Después de ello, se procedió al estudio del sistema.

También se visitó la comunidad de cangrejera centro, pero el relevo de información fue aún menor. La operaria no tenía conocimientos técnicos del sistema, no se pudo abrir el panel de control del equipo electromecánico para la medición de los parámetros eléctricos y solo se visitó la zona de bombeo por falta de transporte.

Debido a la imposibilidad de hacer las mediciones oportunas, la falta de presupuesto para las visitas a los demás sistemas y la falta de información técnica sobre los equipos visitados, se investigaron métodos de obtención de datos e información alternativos. También se elaboró una petición a la ONG de estos datos, mediante una lista de la información indispensable para el análisis y una lista del equipo necesario. Como no suponía una prioridad para lo organización, este proceso fue lento y no dio lugar a resultados.

Finalmente, se averiguó que una universidad disponía de los equipos de medición. Debido al estado económico del país, sólo una universidad privada disponía de estos aparatos, la UCA, y solo permitía usarlos con acompañamiento de un técnico de la universidad pagando un monto demasiado elevado. También se consideró la posibilidad de alquilarlos o comprarlos, pero de la misma forma, suponían un gasto inasumible para ninguna de las dos ONG. Finalmente, se consiguió un estudiante de ingeniería eléctrica dispuesto a colaborar en el proyecto para realizar sus horas sociales y se acordó con la universidad el préstamo del material ya que ahora sí suponía un beneficio para ambas partes. Solo se obtuvo el equipo necesario para todas las mediciones a mediados de septiembre.

La organización del resto de visitas a las comunidades sucedió cuando, a finales de agosto, se consiguió montar una reunión con los representantes de los sistemas de agua, aprovechando un taller de las ASAPS. Uno de los objetivos del taller consistía en explicar a las diferentes comunidades cómo podían conseguir un subsidio para un ahorro en la factura eléctrica. Para ello, debían hacer una inspección técnica de los equipos para analizar cuales podían ser las futuras reparaciones y sustituciones de equipos y elaborar un informe solicitando el subsidio. Como ambos proyectos estaban relacionados, el estudio de la eficiencia energética de los sistemas ya podía ser subvencionado por la ONG y, a partir de este momento, se pudieron planificar las visitas al resto de sistemas de agua. Como aún se estaba intentando conseguir los equipos de medición, se priorizaron las visitas a los sistemas que tuvieran más equipos de medición integrados.

La planificación estipulada se tuvo que amoldar a las circunstancias del país. En algunos sistemas, el acceso era muy complicado debido a las precipitaciones, típicas del invierno salvadoreño. En otras, la peligrosidad de la zona impedía su acceso. Finalmente se pudo tener una visión general de todos los sistemas y se pudieron extraer conclusiones en cada uno de ellos. Para terminar, se organizó una reunión con los representantes de los sistemas de agua, así como con el técnico de la universidad que colaboró con las mediciones y con Karina, la representante de las ASAPS. En esta reunión se comentaron las conclusiones principales del proyecto y se dieron recomendaciones de mejoras del funcionamiento de los equipos y de la organización de los sistemas.

4.2. Programa de conocimiento de la realidad

La asociación de Ingeniería Sense Fronteres, o ISF Cataluña, representa una de las asociaciones de la Federación de Española de Ingeniería Sin Fronteras. Sus dos principales líneas de actuación son el trabajo en el Norte, es decir, en el estado Español o en la comunidad de proveniencia de la asociación en cuestión, como aquí Cataluña. La segunda línea es el trabajo en el Sur, es decir, en los países en vía de desarrollo donde trabaja ESF. Para los voluntarios existen dos modalidades de trabajo en el Sur, las prácticas que están destinados a personas que ya tengan una carrera y por lo tanto puedan trabajar de voluntarios según su formación; y los PCR, Programa de Conocimiento de la Realidad, destinado a cualquier voluntario que tenga interés por conocer la realidad de los países en desarrollo. Se trata de un programa de formación específica de voluntarios en el conocimiento de la realidad concreta de los países en desarrollo con el fin de fortalecer el pensamiento crítico del voluntario, así como su capacidad y criterio de actuación en materia de cooperación internacional. Los voluntarios que participan en el programa, pasan una estancia de unos meses en el país para conocer y compartir las condiciones de vida de las



Enginyeria
Sense Fronteres

comunidades con las que ISF y sus contrapartes trabajan. El voluntario trabaja en serie de actividades relacionadas con proyectos ya existentes e ESF, o bien, con otras instituciones. El programa pretende fomentar la formación integral de los voluntarios, acrecentar su grado de compromiso en el ámbito de la cooperación al desarrollo y nutrir a la organización de personal cualificado y motivado.

En este caso, se ha llevado a cabo un proyecto de eficiencia energética con ACUA, una de las contrapartes de ESF, y a la vez se ha desarrollado el programa de formación personal de conocimiento de la realidad.

Para ello, se han visitado 14 comunidades rurales diferentes situadas en el departamento de La Libertad, evaluando sus sistemas de agua, llevando a cabo reuniones previas y posteriores, comunicándose con las personas de la comunidad para entender su forma de ser, su forma de vivir y sus necesidades. Se ha participado también en dos concentraciones. La primera como soporte al gobierno actual del FMLN, que, debido a la compleja situación del país (ver apartados 3.1 y 3.2), sufre un gran intento de desestabilización por el antiguo gobierno de ARENA, que utiliza el caos y la violencia del país provocada por las maras como arma para intentar recuperar el poder. El ejemplo más claro fue la matanza encadenada de motoristas de diferentes líneas de buses, que provocó en San Salvador un parón de transporte durante las últimas semanas de julio.

La segunda concentración fue causada por la anulación del juicio de Francisco Flores, expresidente del gobierno y miembro de ARENA. Se le acusa de estar involucrado en una gran trama de corrupción en la que se desviaron los fondos destinados para la reconstrucción y ayuda a las familias debido a las grandes inundaciones causadas por el temporal de 2011. La zona más afectada fue el departamento de la Libertad. El objetivo de esta concentración no fue entonces únicamente para la firma de la petición de juicio, sino como referente para el pueblo salvadoreño y las comunidades donde ACUA trabaja para la lucha por los derechos, por la justicia y la libertad.

También se han asistido a reuniones de la ONG, donde se ha debatido la situación política del país, económica y social. Se ha hecho una lectura más profunda de los hechos, ya que los medios de comunicación del país son privados y transmiten una información deformada a conveniencia de unos pocos. Se la ha dedicado una buena parte de la reunión a la importancia del cambio climático que sufre el país desde hace unos años. Este año, el invierno se ha retrasado de más de tres meses. Esto ha supuesto la destrucción de la mayoría de los campos de maíz, siendo la fuente principal económica y alimentaria de la mayoría de familias de las comunidades rurales. Se han debatido libremente ideas para solucionar este déficit actual y para implementar en los años por venir, debido a la irreversibilidad del cambio climático.

Por otro lado, con ESF, se ha experimentado el trabajo de oficina del mundo de la cooperación. Se ha asistido también a una reunión de la Junta de agua, donde se debatían los temas de mayor actualidad sufridos por las diferentes comunidades que forman la junta. Se votaron también las posiciones que se debían apoyar y se compartieron experiencias entre varias personas de la reunión.

De forma general, el día a día con los trabajadores de ACUA, las conversaciones con las coordinadoras de ESF, las charlas con las familias de las comunidades, y las relaciones laborales y personales con todas las personas que han participado en el proyecto, han permitido un programa de conocimiento de la realidad muy útil y muy completo.



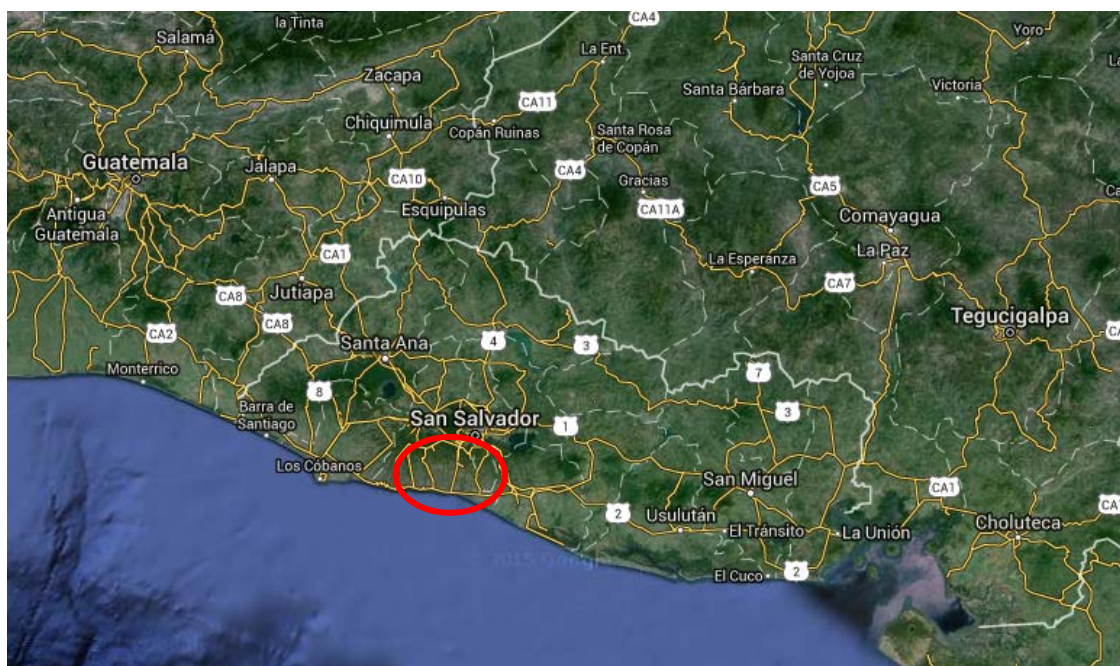
Enginyeria
Sense Fronteres

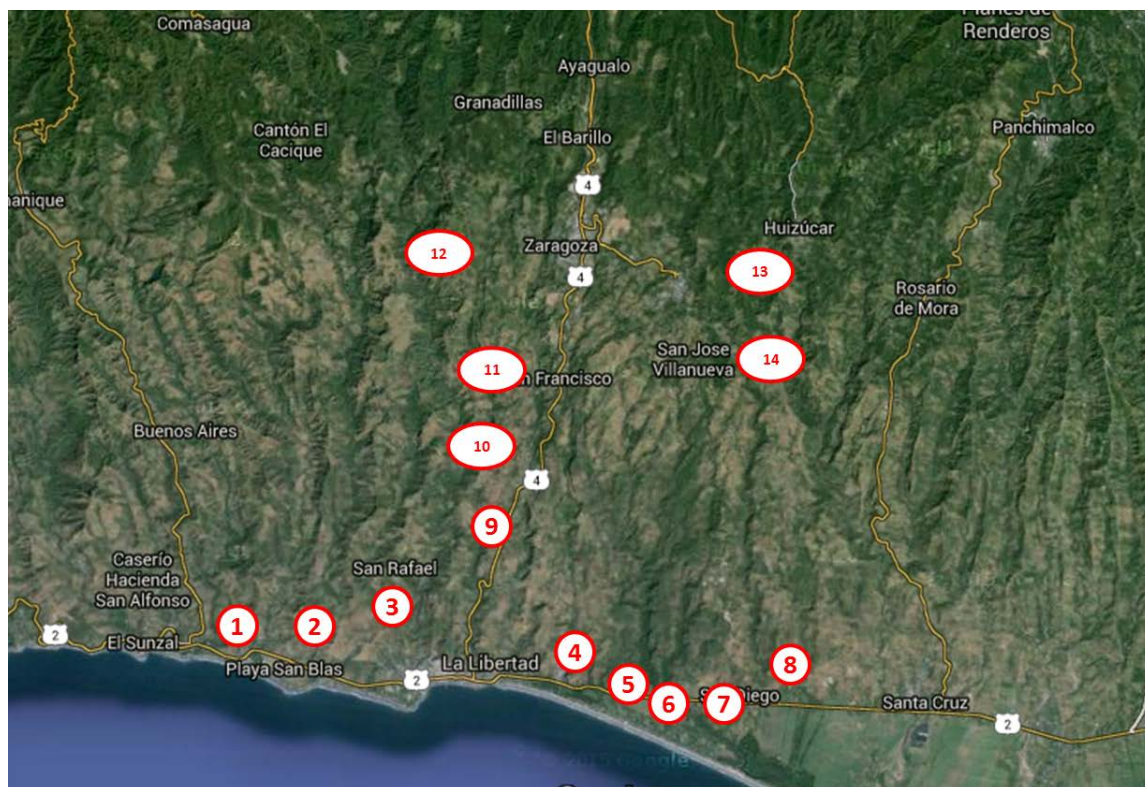
5. Presentación de los sistemas de agua potable

Con fin de introducción a los sistemas de agua de las diferentes comunidades se detalla a continuación una presentación de éstos, localizándolos en la Cordillera del Bálsamo, definiendo las líneas principales de mejora situacional de los sistemas y comentando su estructura funcional, para así permitir un mayor acercamiento a la situación real de los sistemas en materia de agua y saneamiento y entender todos los elementos que lo constituyen.

5.1. Localización de los sistemas:

Todos los sistemas estudiados se localizan en la cuenca Estero San Diego, en el centro-sur de El Salvador hasta la costa pacífica, al sur del departamento de La Libertad, englobado el municipio de Nuevo Cuscatlán, Puerto de La Libertad, San José Villanueva y Huizúcar.





No	Nombre del Sistemas	Comunidad/es que abastece	Municipio
1	El Majahual	Monte Simai, El Tecolote y Majahual Playa	Puerto de La Libertad
2	Los Ángeles San Blas	Los Ángeles San Blas	Puerto de La Libertad
3	Charcón	El Charcón	Puerto de La Libertad
4	El Caoba	El Caoba	Puerto de La Libertad
5	ASCATLI	Tihuapa Norte y Tlacuxtli	Puerto de La Libertad
6	Desvío de Amayo	Desvío de Amayo	Puerto de La Libertad
7	Cangrejera centro	Cantón Cangrejera	Puerto de La Libertad
8	Dinamarca	Dinamarca	Puerto de La Libertad
9	San Luis el Coyolar	San Luis el Coyolar	Puerto de La Libertad
10	ASCOBAPCO	La posada, Coplanar, Altos de Brisas, Brisas 1, Brisas2, Palamares y El Triunfo	Puerto de La Libertad
11	Camino al Mar	Camino al Mar	Puerto de La Libertad
12	ACUAPOMACELTRI	El triunfo	Puerto de La Libertad
13	Nuevo Oasis	TILAPA	Huizúcar
14	San Juan Buenavista	San Juan Buenavista	San José Villanueva



Ingeniería
Sense Fronteras

5.2. Diagnóstico funcional de los sistemas

De los sistemas de los cuales se tiene la información funcional y estructural, se presenta a continuación una explicación detallada de la situación de cada uno de ellos, detallando la información relevante sobre el área social, ambiental, económica y técnica.

5.2.1. Área social

Funcionamiento organizativo: En este aspecto se ha valorado la participación activa de los miembros del comité o junta de agua en el desempeño de sus funciones, realizando reuniones ordinarias y extraordinarias y dando seguimiento al plan de trabajo, coordinando con la ADESCO a fin de fortalecer la organización comunitaria. En la mayoría de sistemas, el funcionamiento organizativo es bueno. Sin embargo en la comunidad de El Majahual y El Caoba, se ha notificado que los miembros del comité junta de agua conocen su función, el contenido de sus estatutos y el reglamento interno del comité de agua pero no todos lo cumplen ni asumen con responsabilidad sus funciones dentro del sistema.

Transparencia: Sólo se ha puntuado con la mayor puntuación en temas de transparencia a los sistemas de ASCATLI y ASCOBAPCO. En ellos se considera que los y las directivas del sistema convocan asambleas generales para la rendición de informe de sistema, buscando una estrategia efectiva para la convocatoria cada tres meses y se cuenta con un comité de vigilancia. En las comunidades de Tilapa, El Triunfo, Dinamarca, San Luis El Coyolar, Los Ángeles San Blas y El Charcón, no se cuenta con comité de vigilancia ni se tiene una rendición de cuentas periódica. En el Caoba, se llevan a cabo reuniones regulares para la rendición de cuentas del sistema, pero no se aseguran las convocatorias. En la comunidad donde aún no se ha logrado esa periodicidad ni la elaboración de informes sobre el seguimiento llevado a cabo, es en la comunidad del Majahual.

Participación de las mujeres: En este sector, el comportamiento de los sistemas es mucho menos homogéneo, también debido a la dificultad de la situación de género en el país. En los sistemas de Tilapa, Dinamarca y el Majahual, la proporción de mujeres y hombres que tienen un cargo estratégico dentro del comité o junta de aguas representa un 50-50%. En cambio, en El Charcón, El Triunfo, El Caoba, ASCATLI, San Luis El Coyolar, ASCOBAPCO y Los Ángeles San Blas, las mujeres están en cargo de decisión, garantizan los intereses estratégicos de las mujeres y promueven la participación de otras mujeres.

Legalidad: En todas las comunidades, el comité o junta de agua cuenta con la participación de personería jurídica. Sin embargo, en El Majahual, Los Ángeles San Blas y Dinamarca, no cuenta con toda la documentación. En El Charcón sí se cuenta con credenciales, NIT y

sellos pero no se tienen derechos sobre el terreno. En Tilapa y San Luis El Coyolar, ya se empieza a tener al nombre del sistema el terreno, la fuente, el tanque, comodatos o pasos de servidumbre y EL Triunfo, El Caoba, ASCATLI y ASCOBAPCO, toda la documentación está en regla.

Sensibilización e incidencias: El objetivo en este aspecto es que todos los sistemas conozcan la problemática hídrica, participen en espacios de sensibilización, lo repliquen en su comunidad y participen en acciones de incidencias promovidas y coordinadas por ellos para garantizar el derecho humano al agua. En todos los sistemas se conoce la problemática, sin embargo, en el 30% de los comités de agua, participan en espacios de sensibilización pero no se realizan réplicas ni se participa en actividades de incidencia y en Dinamarca no se participa en procesos de sensibilización. En el resto de casos, se tiene participación en procesos de sensibilización que se replican pero solo se realizan actividades de incidencia cuando se les invita.

Participación de la población comunidad: El 80% de los sistemas cuentan con la participación de más de un 50% de los usuarios en asambleas informativas, pero aún no se ha logrado que la población comunitaria aporte en la toma de decisiones para la gestión, administración, protección y funcionamiento del sistema de manera activa y participativa.

5.2.2. Área ambiental

Saneamiento: En temas de saneamiento, el objetivo es que todas las familias de cada comunidad cuenten con sistemas para el tratamiento de las excretas y aguas grises y hagan adecuado uso de ellos. En El Triunfo menos del 50% de las familias cuentan con letrina aboneras y biofiltros y cuentan con tren de aseo pero de forma irregular. En el resto de sistemas (a excepción de la comunidad de Dinamarca donde el porcentaje aumenta hasta el 100%) el 80% cuentan con estos sistemas de tratamiento además de contar con tren de aseo continuo y regular.

Reforestación: El primer paso de este aspecto es la identificación de la zona de recarga y realización campañas de reforestación pese que en el 50% de los sistemas, no se alcanza este nivel. El objetivo es el de crear un plan de acción de protección de la fuente con participación de la comunidad. Este nivel solo se logra en Tilapa y ASCATLI.

Sensibilización Ambiental: La mayoría de comités participan en procesos de sensibilización ambientales con enfoque de cuenca pero el 60% no lo replica en la comunidad mientras que el resto si lo replica realizando acciones concretas de conservación del medio ambiente.



Inginyeria
Sense Fronteres

Agroecología: En el 80% de sistemas, el 80% de la población practican agricultura basada en la quema de terrenos, la utilización de agroquímicos y semillas mejoradas (híbridas). En Tilapa se trata del 60% y en ASCOBAPCO menos del 50%. Pocos son los sistemas que han iniciado procesos de agricultura sostenible enfocada a la soberanía alimentaria.

5.2.3. Área económica

Registros contables: En la mayoría de los sistemas se llevan al día los libros contables, recibiendo informes mensuales por parte de sus tesoreras/os. También se realizan auditorías internas, externas y se informa a la asamblea del estado de las cuentas. En El Caoba, sin embargo, estos informes se realizan con retraso.

Ingresos y egresos: El objetivo para la sostenibilidad de los sistemas conseguir que los ingresos superen los egresos, para así poder tener un margen de ahorro para futuras inversiones. En la mayoría de sistemas se cumple este aspecto pero en comunidades como El Caoba o Dinamarca por ejemplo, egresos e ingresos tienen valores son muy cercanos sin permitir ahorros.

Morosidad: El 80% de los sistemas tienen un porcentaje de usuarios en mora inferior o igual al 15%, mientras que en el resto de sistemas este porcentaje aumenta hasta el 35% en El Caoba y es superior al 50% en ASCOBAPCO.

Cuotas fijas y diferenciadas estructuras tarifarias: Los sistemas de Dinamarca y El Majahual cuentan con una cuota fija mientras que el resto de sistemas utiliza cuota fija y diferenciada, construida participativamente entre los miembros de la comunidad. Para remediar esta situación, se debe llevar a cabo la instalación de micro-medidores en todas las comunidades y darles seguimiento para su correcto uso y mantenimiento.

5.2.4. Área técnica

Continuidad del servicio: En los sistemas ASCATLI, Los Ángeles San Blas, El Charcón, y Tilapa, el servicio es continuo y la comunidad dispone de agua las 24 horas del día. En El Caoba y San Luis El Coyolar, la disponibilidad de agua se reduce a la mitad mientras que en El Triunfo, Dinamarca y el Majahual, solo dispone de agua potable durante dos horas diarias.

Cobertura de medición: La cobertura de la medición evalúa el porcentaje de usuarios que disponen de micro-medidores en sus acometidas domiciliarse respecto a la totalidad de usuarios del sistema. En los sistemas estudiados a excepción de la comunidad de Dinamarca y

de El Majahual donde la cobertura es del 20% únicamente, en el resto se tiene una cobertura del 100%.

Cobertura del servicio: Respecto a la cobertura del servicio, el resultado es similar: en Dinamarca, la cobertura no supera el 55% de los usuarios; en El Majahual y San Luis El Coyolar, se abastece a 85% de los usuarios, mientras que en el resto de las comunidades se alcanza el 95% de cobertura.

Agua no contabilizada: El agua no contabilizada es menor al 10% San Luis El Coyolar, ASCOBAPCO, Los Ángeles San Blas y Tilapa, mientras que se encuentra entre el 40 y 50% para el resto de comunidades. Esto supone un gran desperdicio de energía en El Charcón, El triunfo, El Caoba, ASCATLI, Dinamarca y El Majahual, debido a que solo se factura la mitad del agua producida. Para la elaboración de este cálculo se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$ANC = \frac{V_{\text{producido}} - V_{\text{facturado}}}{V_{\text{producido}}} \times 100$$

Cantidad disponible: En este aspecto se evalúa el control del recurso. En ASCOBAPCO y Tilapa se realizan aforos de las fuentes de agua o pozos dos veces al año, en ASCATLI sólo una vez y en el resto no se hace nunca.

Mantenimiento: El mantenimiento llevado a cabo en los sistemas estudiados es muy variado. En Dinamarca solo se repara en caso de emergencia, mientras que en El Caoba, Los Ángeles San Blas, El Majahual y El Charcón, se realizan mantenimientos esporádicos pero sin plan de operaciones y mantenimiento. En El Triunfo se considera que sí existe dicho plan, mientras que en ASCATLI, San Luis El Coyolar ASCOPABCO y Tilapa el plan es dinamizado con eficiencia.

Personal operativo: En la comunidad de El Charcón, el personal operativo es eventual. En el resto de comunidades existe un personal fijo. En El Caoba el personal es capacitado y con sus respectivas herramientas y en El Majahual y Los Ángeles San Blas, se lleva un control con bitácoras de registro. En los sistemas ASCATLI, San Luis El Coyolar, ASCOBAPCO, Tilapa y El triunfo se considera que se realizan planes de mantenimiento preventivo y correctivo.

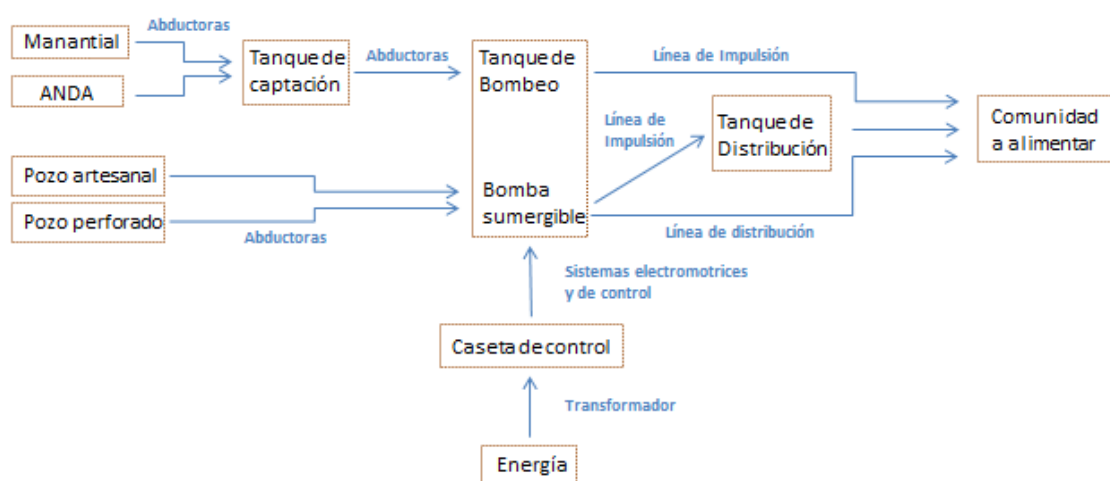
Calidad del agua: En la comunidad de Dinamarca se espera a que el ministerio realice la lectura de cloro. En el resto de comunidades se realizan lecturas al menos con frecuencia de un mes y en el 70% se llevan registros de estas lecturas. En el 50% de los sistemas, las lecturas se realizan diariamente y analíticas de agua según normativa salvadoreña.



Ingeniería
Sense Fronteras

5.3. Estructura de los sistemas

En este apartado se detalla la estructura general de los sistemas especificando la diferencia entre ellos en cada aspecto, como el tipo de fuente y método de captación, el tipo de alimentación eléctrica, los equipos electromecánicos que los componen, la estructura de las redes de abducción, impulsión, distribución, la presencia de tanques de distribución y las acometidas domiciliarias. En el anexo 10.4 se presentan las fotografías de los sistemas para mayor comprensión estructural



5.3.1. Fuentes del recurso hídrico y métodos de captación [6]

Los orígenes del agua bombeada pueden ser muy diversos según el sistema estudiado. Se distinguen dos clases principales: el agua superficial y el agua subterránea.

En países en desarrollo, el agua superficial suele estar muy contaminada, debido a que, por la falta de recursos y de conciencia ecológica, se suele desechar en ella todas las aguas grises y negras provenientes de otras comunidades, zonas residenciales o fábricas, y no existen centrales de depuración en las zonas rurales.

El origen hídrico necesario para la extracción de agua viable de ser potabilizada, es por lo tanto subterránea y proviene de la infiltración en el suelo del agua superficial. Cuando ésta última alcanza capas más porosas y saturadas de agua, se forman los acuíferos. Perforando la capa superior de saturación, denominada manto freático, se puede extraer el agua mediante un pozo y un equipo de bombeo sumergible.

En este estudio se han analizado pozos perforados y pozos artesanales. La diferencia entre ambos es el método de excavación, y como consecuencia de ello, se distinguen por su diámetro de perforación y su profundidad. Los pozos artesanos, al ser de elaboración manual o mixta con herramientas limitadas, suelen tener un diámetro mayor y una profundidad mucho menor a la de los pozos perforados.

Otro tipo de fuente hídrica analizado, tiene lugar cuando el agua subterránea se topa con una capa más impermeable de suelo y, debido a la disposición de esta capa, da origen a un manantial superficial, del cual se puede recolectar el agua gracias a un tanque de captación. A continuación, éste puede ser conectado a otros tanques de captación encadenados entre los cuales el agua circula por gravedad. Esto sucede cuando hay varias fuentes de captación o cuando se ha reformado la zona de captación construyendo un tanque nuevo y reutilizando el antiguo. Finalmente, el agua es dirigida hacia un tanque de bombeo donde se encuentra una bomba que impulsa el agua hasta un tanque de distribución. Las tuberías por las cuales circula el agua desde el o los tanques de captación hasta el tanque de bombeo se denominan línea abductora.

El último tipo de fuente que se ha observado en los sistemas es de origen industrial y aparece en un único sistema. Consiste en una mecha proveniente de ANDA, compañía de agua nacional, de la cual se recupera el agua en un tanque de captación y se bombea posteriormente a un tanque de distribución.

5.3.2. Alimentación eléctrica

En todas las comunidades estudiadas, existe acceso a la electricidad y presencia de redes de alimentación eléctrica. Para poder utilizar esta energía es necesario transformarla a menor tensión mediante transformadores. La compañía eléctrica de todos los sistemas, correspondiente a la única presente en la zona estudiada es la compañía DELSUR. Según la tarifa contratada, la comunidad se hace cargo del coste del transformador, pagando entonces un importe menor de distribución (media tensión), o bien se encarga la compañía eléctrica, que asume todos los gastos (baja tensión) pagando entonces mayor gasto de distribución.

El número de transformadores es muy variable según la comunidad, y varía entre tres, uno por red para alimentación trifásica del equipo, dos con conexión delta abierto, o uno para alimentación monofásica, o trifásica mediante un equipamiento adicional del circuito. La capacidad de los transformadores también es muy variable, en función de las características del sistema a alimentar y varían entre 15 y 50 kVA. En algunos postes donde se encuentra el



Enginyeria
Sense Fronteres

o los transformadores, existe un panel que muestra algunos datos de consumo eléctrico y funcionamiento del equipo.

Esta energía es, a continuación, transportada mediante conductores eléctricos, hasta una caseta de control, donde se encuentran todos los componentes electromotrices y de control de la estación como el breaker principal y el panel de control, dotado de bancos de capacitores o de un variador de frecuencia para regular el consumo energético. El panel presenta, en algunos casos, medidores de tensión y de corriente, así como señales luminosas que informan al operario del funcionamiento del equipo electromecánico y botones que permiten la interacción con éste. También existen varias modalidades de funcionamiento, con mayor o menor automatización según el sistema estudiado.

5.3.3. Equipo electromecánico y red de impulsión

Los equipos electromecánicos utilizados consisten en todos los sistemas estudiados en una bomba sumergible vertical y con potencia variando entre 3 y 60 HP (Horse Power). Estas bombas tienen como objetivo dar altura manométrica al agua proveniente del pozo artesanal, pozo perforado o tanque de captación, con el fin de transmitirle la energía suficiente para que llegue hasta un tanque de distribución situado en el punto más elevado que la red de distribución, o bien, para dirigirla por bombeo directo hacia la red de distribución que alimenta la comunidad.

En el caso de bombeo a tanque de distribución, las tuberías que transmiten el agua de un punto a otro se denominan tuberías de impulsión. A lo largo de estas se pueden encontrar varias válvulas check o anti-retorno, que permiten controlar la presión de las tuberías y así evitar el golpe de ariete. Se pueden presentar también válvulas de purga de aire, en el caso de bombas con potencia elevada, así como válvulas de purga de lodo, que permiten eliminar la sedimentación de lodo de los conductos.

Algunos sistemas incorporan al inicio de la red de impulsión, un manómetro que permite ver la presión del agua en las tuberías y controlar y correcto funcionamiento del sistema.

También se han estudiado redes mixtas que bombean secuencialmente por impulsión hacia un tanque de distribución o por bombeo directo hacia la red de distribución.

5.3.4. Tanque de distribución, red de distribución y acometidas

Una vez que el agua tiene la energía transmitida por la bomba, como comentado anteriormente, ésta se dirige hacia distribución. La distribución puede ser directa, en el caso que la topografía de la zona lo permita, o bien se impulsa el agua a un tanque de

distribución, situado a suficiente altura como para que el agua pueda llegar por gravedad, con la presión necesaria a todas las acometidas. El tanque de distribución tiene la ventaja de suponer un reservorio de agua limitado pero disponible para la comunidad en caso de avería de la bomba. En éste tanque se pueden encontrar macro-medidores a su salida, que contabilizan los m^3 de agua que atraviesan la sección de la tubería de descarga.

Para potabilizar el agua, se clorada de diferentes formas según el sistema. El método más común es la utilización de pastillas de cloro que se suelen introducir a la llegada o a la salida del tanque mediante una válvula en forma de T denominada T cloradora. También se han estudiado sistemas donde, actualmente o en algún momento de su vida útil, se introduce el cloro en forma de líquido desde lo alto del tanque. Sin embargo, existen algunas comunidades reacia a este método de potabilización, o bien que tienen otro sistema de cloración y desconocen su modo de funcionamiento, y que finalmente no cloran el agua.

A lo largo de la línea de distribución se pueden encontrar de nuevo válvulas de purga de aire o lodo así como válvulas de control que permiten cerrar la circulación de algunas zonas, dirigiendo así el agua hacia otras, para poder aportar el servicio a toda la comunidad. La presencia de estas válvulas es muy importante ya que permite cerrar el paso del agua para poder hacer reparaciones en caso de rotura de tuberías o averías de algún equipo del sistema.

Finalmente, cuando la línea de distribución se ramifica para dar pie a las acometidas domiciliarias de los socios del sistema, se denomina red de distribución. En ésta, el diámetro de las tuberías va disminuyendo para poder así tener mayor velocidad y llegar a alimentar a todas las familias.



Enginyeria
Sense Fronteres

5.3.5. Tablas explicativas

No	Nombre del Sistemas	Comunidad/es que abastece	Municipio	Tipo de fuente	Trafos		Motor
					#	Sn (Kva)	
1	El Majahual	Monte Simai, El Tecolote y Majahual Playa	Puerto de La Libertad	Pozo perforado y manantial	2	25	30HP
2	Los Angeles San Blas	Los Angeles San Blas	Puerto de La Libertad	Pozo perforado	1	No info	5 HP
3	Charcon	El Charcón	Puerto de La Libertad	Pozo perforado	1	No info	7,5 HP
4	El Caoba	El Caoba	Puerto de La Libertad	Pozo perforado	3	15	15 HP
5	ASCATLI	Tihuapa Norte y Tlacuhtli	Puerto de La Libertad	Pozo perforado	2	50	20 HP
6	Desvío de Amayo	Desvío de Amayo	Puerto de La Libertad	Pozo perforado	2	No info	60 HP
7	Cangrejera centro	Cantón Cangrejera	Puerto de La Libertad	Pozo perforado	3	15	10 HP
8	Dinamarca	Dinamarca	Puerto de La Libertad	Pozo perforado	2	15	3 HP
9	San Luis el Coyolar	San Luis el Coyolar	Puerto de La Libertad	ANDA	1	15	5 HP
10	ASCOBAPCO	La posada, Coplanar, Altos de Brisas, Brisas 1, Brisas2, Palamares y El Triunfo	Puerto de La Libertad	Pozo perforado	1	25	10 HP
11	Camino al Mar	Camino al Mar	Puerto de La Libertad	Manantial, pozo artesanal y pozo perforado	1	50	3 equipos: - pozo perforado: bomba de 3 HP - pozo artesanal con bomba de 1 HP - manatíal con bomba de 3 HP
12	ACUAPOMACELTRI	El triunfo	Puerto de La Libertad	Manantial	2	15	15 HP pero bomba de 10 HP
13	Nuevo Oasis	TILAPA	Huizúcar	Pozo perforado	3	15	7,5 HP
14	San Juan Buenavista	San Juan Buenavista	San Jose Villanueva	2 Manantiales	2	15	10 HP

No	Nombre del Sistemas	Válvulas check y de control	Válvulas lodo	Válvulas aire	Medidores			Tanque	Bombeo directo
					Macro	Micro	Manometro		
1	El Majahual	1 Válvula y 10 Válvulas de control	No	No	No	Si pero no se utilizan	Si	Si, 130 m3	No
2	Los Angeles San Blas	No info	No	No	Si	Si	Si	Si, 44 m3	No
3	Charcon	2 válvulas check y 3 válvulas de control	No	5	2	Si	Si	Si, 80m3	No
4	El Caoba	1 válvula de control	No	No	No	Si	Si	Si, 115,5 m3	No
5	ASCATLI	4 válvulas check y 3 de control	4	4	Si	Si	Si	Si, 150 m3	No
6	Desvío de Amayo	Válvulas de control - 2 en la zona de bombeo para presionar el agua hacia una dirección - 1 en la red mixta para guiar el agua a distribución o impulsión - 1 a la salida del tanque	No	1	No	No	2	Si, 100 m3	Si
7	Cangrejera centro	Si, pero no hay detalle de cuantas	No info	No info	No	Si	Si	No	Si
8	Dinamarca	No info	No info	No info	No	No	No	No	Si
9	San Luis el Coyolar	No info	No info	No info	No	Si	No	Si, 12,5m3	No
10	ASCOBAPCO	13 válvulas de control a lo largo de la red	No	No	No	Si	No	Si, 73 m3	No
11	Camino al Mar	No info	No info	No info	No	Si	No	Si, 150 m3	No
12	ACUAPOMACELTRI	7 válvula de control y 4 válvulas check	1	1	Si	Si	Si	Si, 225 barriles	No
13	Nuevo Oasis	Si, pero no hay detalle de cuantas	No info	No info	Si	Si	No info	Si, 92 m3	No
14	San Juan Buenavista	No info	No info	No info	No	Si	No	Si, 86 m3	No

6. Diagnóstico de la eficiencia energética de los sistemas de bombeo

Para evaluar todos los aspectos susceptibles de presentar un gasto energético y por ende, un potencial de ahorro y de mejora, es necesario primero detallar los pasos a seguir para la elaboración del diagnóstico y, a continuación, la aplicación de estos pasos en el caso de estudio real y finalmente, detallar las conclusiones y recomendaciones globales y particulares de cada sistema.

6.1. Etapas del diagnóstico

A continuación se detallan las etapas del diagnóstico llevado a cabo, acompañadas de la explicación de la relevancia e importancia de estas, así como la metodología utilizada para llevarlas a cabo.

6.1.1. Investigación inicial, recolección de información y planificación

La primera etapa del diagnóstico de la eficiencia energética consiste en la recopilación de toda la información disponible desde la ONG pudiendo ser relevante en el estudio de los sistemas de agua potable de las comunidades estudiadas.

En primera instancia, se ha investigado y entendido la estructura de las juntas de agua, de la organización de las ASAPS y de la participación de ACUA y ESF en su creación, así como el apoyo constante para mantener su sostenibilidad.

Después, se ha realizado una investigación más concreta de cada estación de bombeo, recopilando la información disponible en ACUA y ESF. Esta información se encuentra, por lo general, en forma de carpeta técnica. En ella se describe el proyecto de creación del sistema o de modificación de éste y se detallan las características principales de diseño. Así, a partir de este documento, si la información se encuentra actualizada, se pueden recolectar los datos nominales de todos los componentes del sistema, a partir de las placas nominales o mediante las marcas y modelos. De esta forma, se puede recopilar información sobre los transformadores, los paneles de control, los conductores utilizados, el tipo de motor y bomba instalados, la estructura del sistema y datos sobre las longitudes y desniveles de las redes



Ingeniería
Sense Fronteres

de impulsión y distribución. También pueden estar detallados los medidores instalados en el equipo, lo que permite efectuar mediciones sin necesidad de equipo adicional.

Todos estos datos son datos de diseño, que se pueden haber modificado a la hora de la construcción final de la estación o que pueden haber sido modificados durante los años posteriores a la construcción inicial del sistema y que se deberán comprobar en campo.

Otro documento que puede aportar mucha información sobre los elementos de la estación, es el manual de operaciones y mantenimiento, que puede tener detalles más actualizados que el documento anteriormente citado, ya que la redacción del documento es posterior a la creación del sistema. Además, este documento aporta información extra sobre el uso adecuado del sistema, la documentación que tiene la comunidad, los datos que deben relevar y guardar, etc.

Por desgracia, muy pocos sistemas constan de una información completa ya que muchas veces, por la lentitud del proceso de construcción de un sistema o bien debido a la participación de varias organizaciones en la creación de estos, esta documentación no se encuentra completa o es inexistente.

Una vez recopilada la información disponible, se ha creado una ficha técnica y una ficha de recolección de mediciones, para la recolecta exhaustiva de todos los datos faltante y necesarios para el diagnóstico de la eficiencia energética. Finalmente, se ha procedido a la planificación de las visitas y equipos necesarios y mediciones necesaria a realizar en campo.

Para más información sobre la información recopilada, ver el documento: *Tabla de Datos* anexo a la memoria.

6.1.2. Recolección de datos e información en campo

Después de la investigación previa y de la recuperación de la información sobre los sistemas disponibles en ACUA y ESF, se han recolectado los datos nominales y funcionales de todos los componentes de los equipos de bombeo, así como información adicional sobre la operación y mantenimiento de éstos, población actual y topografía de la comunidad. También se ha relevado información sobre incidencia, averías, reformas del sistema y cambios de componentes. La fuente de esta información proviene de los datos facilitados por el operario del sistema así como por los representantes de la junta de agua presentes en el momento de la visita. La veracidad de esta información, así como su integridad, puede no ser completa, debido a los cambios de personal y la falta de transmisión de la información, su pérdida, o bien por la falta de comprensión del objetivo del proyecto.

Para más información sobre los datos recopilados, ver el documento: *Tabla de Datos* anexo a la memoria.

6.1.3. Aparatos de medidas y mediciones de campo

Para contrastar la información dada, así como para analizar el estado real de los sistemas, se han realizado mediciones de los parámetros eléctricos e hidráulicos que afectan al consumo energético y que permiten entender si el funcionamiento del equipo se encuentra dentro de su normalidad de trabajo.

Para el relevo de datos eléctricos, el material disponible en la gran parte del proyecto ha sido un multímetro.¹ Con este se ha podido relevar información más básica, como las corrientes y tensiones de cada línea de alimentación de los equipos, en diferentes puntos del circuito eléctrico. Para las visitas a las últimas comunidades ya se dispuso de un analizador de redes², equipo más complejo permitiendo así medir también las potencias activa, reactiva y aparente de la carga, así como el factor de potencia. Es interesante medir estos datos teniendo en cuenta el efecto del banco de capacitores o del variador de frecuencia para conocer el valor real del factor de potencia del sistema.

En una comunidad se evaluó también la temperatura de funcionamiento de los equipos de control gracias a un termómetro de infrarrojos. Sin embargo, este último dato se dejó de medir ya que lo relevante era medir la temperatura de funcionamiento del o los transformadores y del conjunto motor-bomba, y esta medición no era viable por la imposibilidad de aproximar el aparato métrico a la distancia necesaria para el relevo de datos.

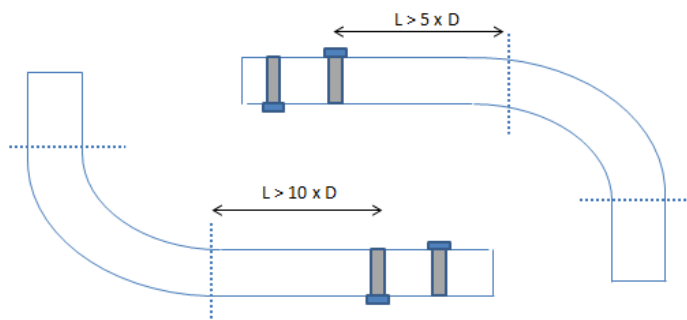
Para la medición de parámetros hidráulicos, se dispuso de una sonda que permitió conocer el nivel real del agua dentro de los pozos en las comunidades que disponían del espacio suficiente para introducir la sonda. Junto al analizador de redes, se obtuvo también un caudalímetro que permitió hacer las mediciones de caudal a la salida de la bomba en los sistemas donde las características de las tuberías de impulsión lo permitían. Para la correcta

¹ Marca: Fluke (ver documento: *Manual Multímetro*)

² Marca: Fluke (ver documento: *Manual Analizador de redes*)



medición es necesario tener un espacio determinado de separación entre sensores y además que se encuentren alejados de los codos como muestra la siguiente figura:



No se pudo disponer de manómetros para la medida de presión en las tuberías, pero en la mayoría de sistemas la estructura tampoco permitía la colocación de estos aparatos. Sería necesaria la disposición a la salida de la bomba de una tubería donde se pudiera colocar un manómetro portátil.

Por último, se ha recopilado también la información proveniente de los medidores ya instalados en la estación de bombeo. Así, se han podido recoger datos de los paneles de los transformadores, de los paneles del equipo de control, las lecturas de los manómetros, así como las de los macro y micro-medidores.

Una vez recolectada toda la información necesaria para el estudio de los sistemas, el siguiente paso llevado a cabo, ha sido el análisis de la información con el fin de evaluar la eficiencia de cada uno de los sistemas.

6.1.4. Análisis de la información y evaluación de la eficiencia

El análisis de la información se ha estructurado en dos partes principales. En la primera, se han calculado los gastos energéticos de cada elemento del sistema, para evaluar las pérdidas de cada componente del equipo de bombeo y lo que representa sobre el consumo global del equipo. El segundo análisis consiste en la evaluación de la operación y el mantenimiento del sistema.

Las pérdidas energéticas estudiadas se han centrado en los elementos del sistema que suponen un mayor consumo, empezando por los parámetros eléctricos y terminando con los hidráulicos. De este modo, se ha calculado las pérdidas en los transformadores, en los conductores eléctricos y las pérdidas y eficiencia del motor. Se ha estudiado también, las

pérdidas y eficiencia de la bomba, obteniendo así el rendimiento electromecánico, y las pérdidas de carga en las tuberías, debido a los elementos singulares y al cortante causado por el rozamiento del agua con las tuberías.

Como segunda parte del análisis, se ha comprobado el método de operación, estudiando el *modus operandi* del operario, sus conocimientos, motivación e involucramiento con el sistema, así como la automatización de los procesos y las herramientas disponibles. También se ha analizado el mantenimiento de los equipos y las incidencias particulares y recurrentes en diferentes puntos de los equipos.

Debido a la falta de información y la imposibilidad de realizar algunas mediciones, como comentado en párrafos anteriores, no se ha podido hacer el estudio completo de ningún sistema y, por lo tanto, no se han llegado a realizar cálculos de indicadores energéticos ni balances de consumo de energía. Por esta razón, la evaluación de la eficiencia energética realizada, ha sido más cualitativa que cuantitativa.

Tras el análisis, el último paso del estudio, consiste en la identificación de puntos del sistema con potencial de ahorro energético en diferentes puntos del sistema, y la elaboración de propuestas de mejora y recomendaciones funcionales.

6.1.5. Identificación de oportunidades de ahorro de energético y propuestas de mejora

Del mismo modo que el punto anterior, la identificación de mejoras se puede separar en dos ramas. Por un lado, las mejoras técnicas que repercuten en ahorro directo de energía. Y por otro, las mejoras en operación y en mantenimiento, así como mejoras en el funcionamiento del comité de agua, el de la comunidad y de ASAPS.

Se ha analizado la tarifa de suministro energético y la posibilidad de cambiar de compañía eléctrica. Se ha estudiado la posibilidad de mejoras en las instalaciones eléctricas, así como en el equipo motor-bomba y en la red hidráulica con el fin de reducir pérdidas de carga y disminuir las fugas.

Finalmente, se han propuesto mejoras en el mantenimiento y operación de los equipos, mejoras estructurales de los sistemas, y se ha contemplado la posibilidad del aprovechamiento de energías residuales y cambios tecnológicos. Por último, se ha elaborado una lista de recomendaciones y consejos para permitir a los sistemas ser autosuficientes en referente al seguimiento técnico de sus equipos.



Enginyeria
Sense Fronteres

6.2. Estudio de los sistemas

Una vez identificadas las etapas anteriores, se han realizado y han dado pie a análisis de parámetros, observaciones a diferentes niveles funcionales y estructurales de los sistemas, así como elaboración de recomendaciones y conclusiones sobre el estado actual y mejoramiento de los sistemas de bombeo.

6.2.1. Suministro eléctrico

La compañía eléctrica que alimenta de energía a todos los sistemas estudiados es la compañía DELSUR. En El Salvador, existen ocho distribuidoras eléctricas¹ que se reparten todo el país en varias regiones en forma de monopolio. La posibilidad de cambiar de suministrador es por lo tanto inviable ya que se trata de la única compañía de la zona estudiada.

Sin embargo, se tendría que estudiar la posibilidad de sustituir la fuente de energía por energías renovable. Debido a las condiciones climatológicas salvadoreñas y la alta radiación solar, se podría considerar la instalación de placas fotovoltaicas para subministrar energía a la caseta de control, como es el caso de Tilapa, o para el cierre automático de válvulas o para el bombeo de pequeñas instalaciones. También, debido a la presencia de volcanes en la región, se podría considerar utilizar la energía geotérmica. Por último, existe la posibilidad de hacer biogás a partir de excretas o materia orgánica residual.

6.2.2. Tarifa

Respecto al análisis de las tarifas DELSUR, en los sistemas estudiados, se distinguen dos categorías. Las comunidades cuyo gasto corresponde a baja demanda (<10kW) y los de mediana demanda (10<kW<50).

¹ Tarifas adjuntadas en la carpeta: *Pliegos tarifarios máximos*

En el caso de baja demanda, existen 2 modalidades de tarifas, ambas de baja tensión.: la tarifa de uso general (1G) y una tarifa que se desglosa según el consumo energético en tres bloques.

Dentro de la categoría de mediana demanda, existen cuatro tipos de tarifas en función de si se tiene contratado media o baja tensión y de si se trata de medición de potencia o con medición horaria.

La diferencia tarifaria entre baja o media tensión se haya en la el cargo de distribución. Si la comunidad tiene contratada baja tensión, la compañía eléctrica asume el costo de inversión del o los transformadores, su mantenimiento y su consumo energético. Si la tarifa contratada es de media tensión, este gasto repercute en la comunidad, de ahí la diferencia en el valor del cargo de distribución.

Respecto a la medición de potencia o medición horaria, la diferencia se encuentra en que en el primer caso se penaliza el factor de potencia y en el segundo se diferencia el cargo de energía en 3 franjas horarias:

- Hora punta: de 6:00 pm a 10:59 pm
- Hora valle: de 5:00 am a 5:59 pm
- Hora resto: de 11 pm a 04:59 pm

A continuación se añade una tabla con la información de las diferentes tarifas de cada sistema así como la información disponible de las facturas dadas.

No	Nombre del Sistema	Tarifa	Horas de consumo	Consumo		Monto tarifa	FP		Subsidio		Trafos	
				kWh	kW		Valor	Penalización	Si/No	Ahorro	#	Sn (Kva)
1	El Majahual	MMP	Automático cada 4h de 8:30 am a 2:00 pm	1904	26	565	0,84	17,3	No		2	25
2	Los Angeles San Blas	1G	6:00 am - 2:00 pm cada dos días	552	4,7	140	No		No		1	No info
3	Charcon	MMP	Variable, 5-7h cada día	1550	9,2	343,5	1		No		1	No info
4	El Caoba	No info	de 2:00 pm a 3:00 - 3:30 pm cada día						No		3	15
5	ASCATLI	MMP	7 h cada 2 días	1473	17	334	0,9		No		2	50
6	Desvío de Amayo	MMH	Diferentes zonas y bombea desde las 5:30 am hasta las 12:00 am:	9048	51	1986	0,905		Si	1250	2	No info
7	Cangrejera centro	1G	8:00-11:00 am todos los días de forma interrumpida por la automatización del proceso 1/2-1/3 del t funcionando	478,8	9	176	0,84		No		3	15
8	Dinamarca	No info	2:00 am - 6:00 pm a diferentes zonas (bombeo directo)						Si		2	15
9	San Luis el Coyolar	1G	5:00 - 9:00 am cada día	654,6	6	153,4	0,99		Si	90,3	1	15
10	ASCOBAPCO	No info	5:00 am a 4-4:30 pm aprox						Si		1	25
11	Camino al Mar	No info	Diferentes zonas de bombeo alimentados por diferentes transformadores: - pozo perforado y artesanal: 5:00 am hasta las 8 pm - manantial: 3h/día (no info sobre las						No		1	50
12	ACUAPOMACELTRI	MMP	12 h cada día 6:00 am a 6:00 pm	3174	11	665	0,926		Si	452	2	15
13	Nuevo Oasis	MMP	variable pero de 5:30 am a 2:30 pm cada día	1170	8	274	0,95		Si	172,5	3	15
14	San Juan Buenavista	MBP	6:00 am a 10:30-11:00 am	3093	10	827	0,87	1 mes/2 de los que se tiene factura: 19	Si	613,7	2	15

Se ha evaluado primero la tarifa más adecuada para los sistemas con baja demanda. Se detalla a continuación los precios de las dos tarifas de esta categoría.



Cc = Coste de comercialización [\$/red]

Ce = Coste de la energía [\$/kWh]

Cd = Coste de distribución [\$/kWh]

Ec = Energía consumida [kWh]

Pc = Potencia consumida [kW]

Tarifa 1G:

Fecha	Tarifa 1G		
	Cc	Ce	Cd
15-jul	0,970762	0,199388	0,041353
15-oct	0,970762	0,199466	0,041353
01-ene	0,987318	0,199466	0,041793
15-ene	0,987318	0,175334	0,041793
15-abr	0,987318	0,139501	0,041793
15-jul	0,987318	0,147517	0,041793

Tarifa a bloques:

- Bloque 1: $E_c < 99$ kWh
- Bloque 2: $100 < E_c < 199$ kWh
- Bloque 3: $E_c > 200$ kWh

Fecha	Bloque 1			Bloque 2			Bloque 3		
	Cc	Ce	Cd	Cc	Ce	Cd	Cc	Ce	Cd
15-jul	0,970762	0,199295	0,049673	0,970762	0,199294	0,059508	0,970762	0,199294	0,06981
15-oct	0,970762	0,199554	0,049673	0,970762	0,199278	0,059508	0,970762	0,199196	0,06981
01-ene	0,987318	0,199554	0,050201	0,987318	0,199278	0,06014	0,987318	0,199196	0,070552
15-ene	0,987318	0,175614	0,050201	0,987318	0,175173	0,06014	0,987318	0,175042	0,070552
15-abr	0,987318	0,139686	0,050201	0,987318	0,139548	0,06014	0,987318	0,139508	0,070552
15-jul	0,987318	0,14754	0,050201	0,987318	0,147507	0,06014	0,987318	0,147497	0,070552

$$\text{Factura} = 1,13 \times (\text{kWh} \times (\text{Ce} + \text{Cd}) + \text{Cc})$$

Como el valor de Cc es constante en las dos tarifas y para todas las franjas, solo bastan con comparar el valor de Ce + Cd. En la tarifa por bloques, el bloque más económico es el primero, y al compararlo con los valores de la tarifa 1G se obtienen los siguientes resultados:

1G	Bloque 1	1G < B1?
Ce+Cd	Ce+Cd	Si/No
0,240741	0,248968	Si
0,240819	0,249227	Si
0,241259	0,249755	Si
0,217127	0,225815	Si
0,181294	0,189887	Si
0,18931	0,197741	Si

Se concluye por los tanto que dentro de la categoría de baja demanda, la mejor tarifa es la tarifa 1G, como tienen contratado las comunidades de Los Ángeles San las, Cangrejera Centro y Camino al Mar.

Para el estudio dentro de la media demanda, se ha visto que todos los sistemas trabajan en horas resto en la gran mayoría de su tiempo de funcionamiento. Se han estudiado entonces las diferencias económicas ente ambas tarifas.

	MMP			MMH					
Fecha	Cc	Ce	Cd	Cc	Ce-punta	Ce - valle	Ce - resto	Cd	Ce-resto (MMH) < Ce (MMP)
15-jul	0,970762	0,182629	6,86795	0,970762	0,182001	0,183049	0,181405	6,86795	Si
15-oct	0,970762	0,182883	6,86795	0,970762	0,182927	0,184003	0,177497	6,86795	Si
01-ene	0,987318	0,182883	6,939401	0,987318	0,182927	0,184003	0,177497	6,939401	Si
15-ene	0,987318	0,160806	6,939401	0,987318	0,161815	0,161977	0,153989	6,939401	Si
15-abr	0,987318	0,12768	6,939401	0,987318	0,128656	0,127607	0,126822	6,939401	Si
15-jul	0,987318	0,135058	6,939401	0,987318	0,135143	0,135138	0,134572	6,939401	Si

	MBP			MBH					
Fecha	Cc	Ce	Cd	Cc	Ce-punta	Ce - valle	Ce - resto	Cd	Ce-resto (MMH) < Ce (MMP)
15-jul	0,970762	0,199511	21,411636	0,970762	0,198821	0,199966	0,19817	21,411636	Si
15-oct	0,970762	0,199796	21,411636	0,970762	0,199833	0,201008	0,193901	21,411636	Si
01-ene	0,987318	0,199796	21,639345	0,987318	0,199833	0,201008	0,193901	21,639345	Si
15-ene	0,987318	0,17568	21,639345	0,987318	0,17677	0,176946	0,16822	21,639345	Si
15-abr	0,987318	0,13948	21,639345	0,987318	0,140546	0,139401	0,138543	21,639345	Si
15-jul	0,987318	0,147541	21,639345	0,987318	0,147633	0,147628	0,147009	21,639345	Si

Se ha comprobado que si se trabaja siempre en horas resto, la tarifa horaria resulta más económica, pese a suponer un ahorro muy leve

Para evaluar cuál de las tarifas baja tensión o media tensión resulta más económica, se tiene que considerar el consumo y la amortización del o los transformadores teniendo en cuenta el



índice de incidencias de estos, dato que se desconoce por la falta de relevo de datos y de documentación.

Por último, una manera de reducir de forma significativa la tarifa eléctrica es mediante el subsidio FINET, que permite la reducción mayor o igual al 40% del costo energético. Solo la mitad de los sistemas disponen de dicho subsidio. Para poder disponer de esta ayuda, la comunidad debe llevar a cabo un aforo de la fuente de agua que les alimenta, así como disponer en su instalación de micro-medidores en la acometidas domiciliarias que permitan medir el consumo de cada familia. Deben también elaborar un informe técnico evaluando el estado de los equipos y planificar las reformas y sustituciones de equipos antiguos para justificar la necesidad de dicha ayuda. Esto reducirá de un 20% el gasto económico de todos los sistemas.

6.2.3. Transformadores

Como mencionado anteriormente, el costo de la subestación eléctrica puede repercutir en la comunidad o en la compañía eléctrica en función del tipo de tarifa contratada.

Cuando la tarifa contratada es de baja tensión, la compañía eléctrica asume ese costo. El número de transformadores instalados y la calidad de la instalación son muy relevantes en el consumo energético y el gasto que debe asumir la comunidad. En la comunidad de San Juan Buenavista, por ejemplo, se tiene contratada la tarifa de baja tensión pero sólo hay dos transformadores conectado en delta abierta para poder transmitir así energía trifásica a los equipos. Se debería comprobar el costo adicional energético debido a esta transformación, la inversión, amortización y mantenimiento de lo equipo adicionales, así como estudiar el deterioro de la carga alimentada por el posible desbalance de voltaje y tensión.

En caso de tener la tarifa de media tensión, la comunidad debe asumir, además del costo de la inversión y mantenimiento, el consumo energético de éste. De forma general, pese a no asumir sus gastos, suele ser la compañía eléctrica la responsable de la instalación. La comunidad debe, por lo tanto, comprobar su correcta instalación, verificando que los transformadores tengan incorporado un sistema de pararrayos y de cortocircuito. El operario del sistema debe ser capaz de identificar que todos los componentes de protección de los transformadores se encuentren correctamente montados en el momento de la instalación. En el anexo 10.6 se detallan todos estos elementos.

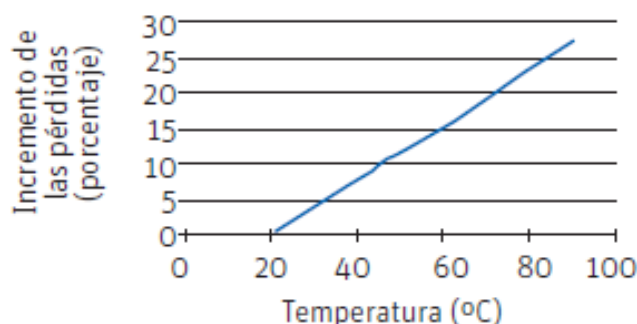
Debido a las condiciones climatológicas de la región y la alta presencia de rayos, sobretodo en épocas más lluviosas, es importante que el transformador este equipado de pararrayos y bien tabulado para poder soportar cortocircuitos, gracias al dispositivo de protección y desconexión adecuado.

Se han detectado comunidades donde la inversión en transformadores nuevos supone un gasto muy elevado ya que no tienen la vida útil de diseño y no son amortizados. Este aspecto no está incluido en las tarifas pagadas por la comunidad y puede suponer a largo plazo un déficit muy elevado.

Por ejemplo, en el Triunfo, según la información proporcionada por los operarios, la instalación de los transformadores no fue la adecuada. Se instalaron tres, pero uno se estropeo de inmediato debido a una subida de tensión sin conexión a tierra adecuada. La falta fue de la compañía eléctrica pero éstos culpan a los rayos y han convencido a la comunidad que el gasto de la nueva instalación debe repercutir en ellos. Ahora solo se utilizan dos de ellos, conectados en delta abierta. Al no ser la conexión de diseño, de deberían calcular los posibles gastos adicionales que ésta nueva conexión supone.

En Tilapa también han sido frecuentes estos problemas. Es recurrente que se quemen equipos de los sistemas y que la solución sea únicamente paliativa, sustituyendo el equipo dañado, sin ir a la fuente del problema y remediar la situación de forma definitiva.

Además, debido a las altas temperaturas exteriores, los transformadores instalados deben tener una buena protección y ventilación y poder resistir temperaturas elevadas. En el caso contrario, las condiciones de trabajo no son las adecuadas, lo que reduce el rendimiento del transformador y supone un gasto extra para la comunidad, así como disminuye su vida útil y adelanta la nueva inversión. Para remediar esta situación, se debe contemplar la posibilidad de sustituir los transformadores por unos capaces de trabajar eficientemente a altas temperaturas o añadir un sistema de ventilación. A continuación se detalla el incremento de pérdidas en función de la temperatura de operación.



Por último, se debe comprobar el gasto de los transformadores para que no suponga un porcentaje muy alto del gasto energético global. Tienen que tener un correcto mantenimiento y control técnico en caso de cambiar el método de funcionamiento del sistema. Si se ha sobredimensionado y se utiliza una capacidad demasiado elevada respecto al uso que se le da, eso repercute directamente en su consumo, pudiendo no ser el óptimo.



Enginyeria
Sense Fronteres

$$P_{TOT} = P_{Fe} + P_{Cu} \times \left(\frac{P_{real-total}}{S_n} \right)^2 \text{ kW}$$

Los valores de P_{Fe} y P_{Cu} dependen de la capacidad nominal del transformador S_n . Se muestran algunos ejemplos en la siguiente tabla:

Potencia nominal (kVA)	Pérdidas en el hierro (W)	Pérdidas en el cobre a potencia nominal (W)
25	195	670
50	345	810
75	400	1.080
100	435	1.085
125	480	2.350
160	490	2.600
200	570	3.400

6.2.4. Factor de potencia

En general en los sistemas de agua potable, lo equipo eléctricos consumen potencia activa, P , que transforman en trabajo útil, y potencia reactiva, Q , que es la que proporciona el flujo magnético necesario para su funcionamiento. Cuanto mayor es el valor de la potencia activa respecto a la reactiva, mayor rendimiento tiene el equipo.

$$FP = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}$$

Esta relación se puede medir con el valor del factor de potencia. Para un sistema eficiente, el FP debe tener un valor lo más cercano posible a la unidad. En caso contrario, se incrementa la corriente que alimenta las cargas, lo que se traduce en un incremento de pérdidas por efecto Joule en los conductores, embobinados del transformador y dispositivos de operación y protección. También implican una caída de tensión que provoca una mayor corriente demandada por los equipos, y en consecuente, una reducción de la capacidad de carga. Además, suponen un gasto adicional por efecto Joule en las líneas de alimentación y es penaliza por el distribuidor eléctrico.

La penalización en caso de tener un FP inferior a 0.9 es de un aumento del 1% en el cargo de energía por cada 0.01 por debajo de 0.9. A partir de un FP de 0.75, se paga además un aumento de 15% del cargo de energía, y por debajo de 0.6 se corta el suministro.

Por consecuente, los sistemas deben tener un FP igual o superior a 0.9. En muchas de las comunidades estudiadas, este no es el caso, como sucede en el Majahual, San Juan Buenavista y Cangrejera Centro.

Para elevar el FP se pueden añadir al circuito eléctrico, un banco de capacitores que compensa con potencia reactiva el valor de la potencia aparente de la carga y así mejora el valor del FP. También se puede utilizar un variador de frecuencia.

En la comunidad del Majahual, el FP ha disminuido respecto al año anterior desde 0.86 hasta 0.83 en alguna ocasión y la media de los últimos meses se encuentra en 0.84. En este caso en particular, la placa del motor muestra que el FP nominal se debe encontrar entre el 0.87 y 0.82. Se debe por lo tanto remediar esta situación añadiendo algún equipamiento que mejore estos valores o sustituir el equipo para aumentar su FP y que represente un menor consumo energético y no sea penalizado ya que se evitaría el malgasto de los 20\$ de penalización mensual.

6.2.5. Conductores

Los sistemas electromotrices son el conjunto de conductores, transformadores, protecciones, arrancadores, controladores y demás elementos que suministran energía a los motores. Todos estos elementos son indispensables para el buen funcionamiento de los equipos, y por lo tanto, su costo energético es inevitable.

Sin embargo, en el caso de los conductores, existe la posibilidad de cambiar el calibre de estos, variando así su consumo energético. Los conductores corresponden a una resistencia pura que absorbe potencia, $R_{CONDUCTOR}$ característico del material y calibre del conductor. Así, las pérdidas en un conductor se calculan según esta fórmula:

$$P_{CONDUCTOR} = R_{CONDUCTOR} \times I_{MOTOR}$$

Su longitud en general no es un parámetro que se pueda modificar, debido a las localizaciones de la red de media o alta tensión, de la posición de los transformadores, de la distancia de la subestación eléctrica al equipo de bombeo y de la profundidad a la que hay que instalar el equipo de bombeo para aprovechar el recurso hídrico. La variable que se puede adaptar a las condiciones de los equipos es, sin embargo, el calibre de estos. A medida que aumenta el calibre, disminuye la resistencia por km de los conductores. Se puede por lo tanto considerar la posibilidad de sustituir los conductores actuales por otros de mayor calibre. Por desgracia, la falta de documentación no permite conocer al detalle los



materiales, longitudes y calibres de todos los conductores instalados y no se ha podido realizar un análisis cuantitativo de su gasto energético.

La temperatura de operación vuelve a suponer un parámetro que aumenta las pérdidas por efecto Joule y el gasto energético del conjunto electromotriz. Una medida de mejora a considerar es la mejora de la ventilación de la caseta de control, para la disminución de la temperatura. Esta se podría llevar a cabo con la incorporación de ventanas o de un sistema de ventilación que no suponga un incremento muy elevado de consumo eléctrico.

6.2.6. Motores

La función de los motores en las estaciones de bombeo, es la de convertir la energía eléctrica proporcionada por la red y la subestación eléctrica, en energía mecánica. La eficiencia o rendimiento de los motores es entonces la fracción de energía mecánica y útil que produce el motor respecto a la energía eléctrica que consume y se calcula de la siguiente forma:

$$\eta_e = \frac{P_{mecánica}}{P_{eléctrica}}$$

Cuanto mayor es su rendimiento, mayor energía producida a menor costo energético. Por lo tanto, en el análisis de eficiencia energético se estudia este rendimiento, con la intención de mejorarlo.

Las pérdidas típicas de un motor eléctrico se distinguen en dos categorías, las que varían con la carga y las que son independientes de ella.

Las pérdidas en el núcleo del motor y las pérdidas mecánicas debido a la fricción de los mecanismos que componen el motor, son características del motor utilizado y no dependen de la carga de éstos. Para disminuir estas pérdidas, se debe estudiar la viabilidad de utilizar un motor de alta eficiencia en lugar de uno convencional. Sin embargo, estos motores suponen una mayor inversión inicial. En estaciones de bombeo de mayores dimensiones, esta inversión se suele amortizar con el ahorro energético en menos de un año, pero en los sistemas estudiados, el posible ahorro en las facturas no compensaría esta inversión. En varias comunidades se pagan menos de 100\$ mensuales teniendo en cuenta el subsidio FINET. En la tabla del apartado 6.2.2. se detallan el monto económico medio pagado por cada sistema.

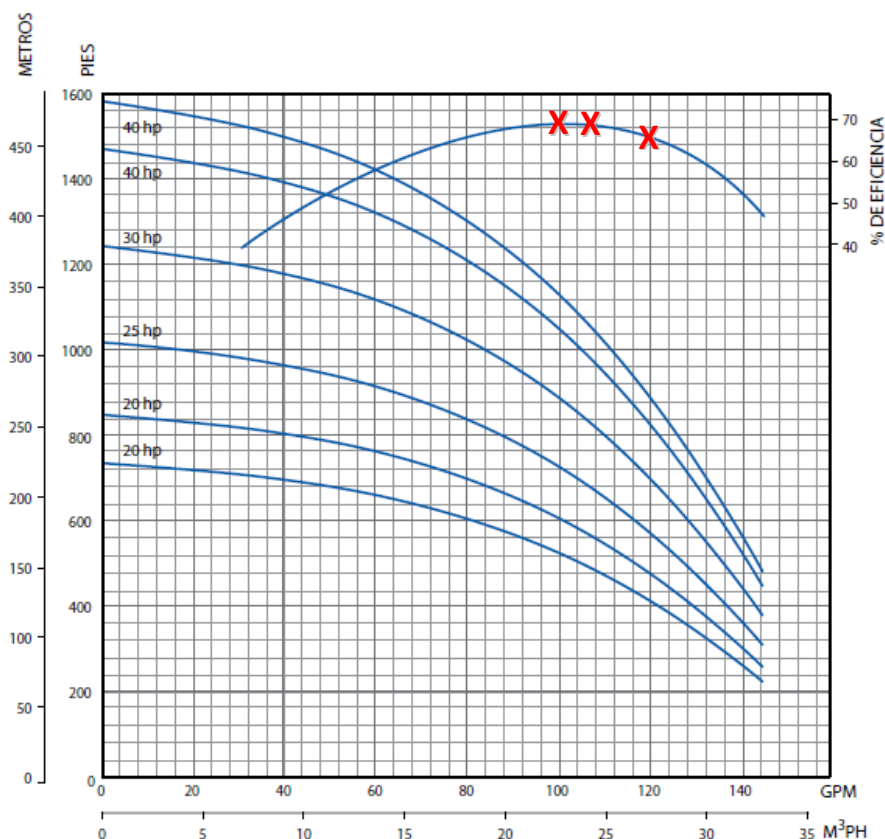
Estos motores no se producen en el Salvador y deberían ser importados, lo que aumenta su costo. Además hay que considerar el hecho de que sus dimensiones son mayores a las de

un motor convencional y se debería analizar si la sustitución es viable. Y, como se ha mencionado anteriormente, la frecuencia de averías y sustituciones de equipos en los sistemas estudiados, no apoya la viabilidad de este cambio. Se debería solucionar primero el origen de estas averías y, más adelante, en el momento de tener que sustituir los equipos debido a la finalización de su vida útil, replantearse la posibilidad del cambio de tecnología.

Respecto a las pérdidas que aumentan con la carga, se encuentran principalmente las pérdidas eléctricas en el rotor y el estator, y secundariamente, las pérdidas de carga por dispersión. Para la posible reducción de estas pérdidas, se tiene que analizar la carga mínima necesaria, para que los equipos no se encuentren sobredimensionados y consuman una energía mayor a la estricta necesaria, sin verse afectada la eficiencia de la instalación.

De forma general, el objetivo es el de aumentar la eficiencia de los motores. Se sabe que, por lo general, la mayor eficiencia se encuentra cuando los motores trabajan entre el 75 y 95% de su potencia nominal. Esto se debe comprobar con las curvas específicas de cada motor estudiado.

En el sistema de ASCATLI, por ejemplo, según datos del fabricante, la curva del motor es la segü



Como no se disponían de datos del caudal ya que no se pudo medir por falta de equipo de medición, se tomaron los valores de diseño de la carpeta técnica y el manual de operaciones y mantenimiento. Sin embargo, al no corresponder los valores de diferentes fuentes, no se da por válido.

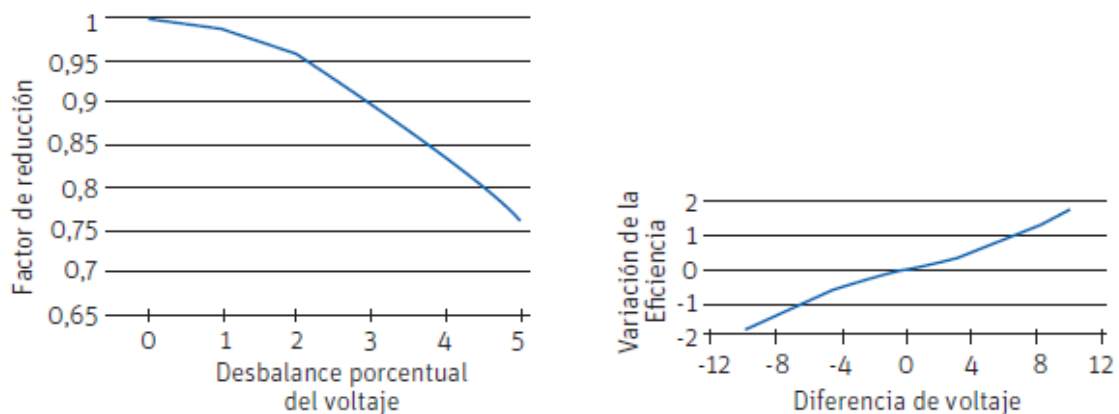
Se puede también utilizar un método denominado método de la curva del motor. Para ellos se tiene que tener la curva característica de eficiencia en función del factor de carga correspondiente y realizar un proceso iterativo en el cual se compara el valor de la eficiencia calculado con el correspondiente a las curvas. El método se detalla a continuación:

- 1- Así, primero se tiene que conseguir los datos nominales de HP, RPM y voltaje
- 2- Después de medir la P_e (potencia eléctrica demandada por el motor), se calcula el factor de carga del motor:

$$FC = \frac{Pe/\eta}{HP_{nom} * 0.746}$$

- 3- Se comprueba en la curva del motor que la eficiencia utilizada corresponda al FC calculado. Si no es el caso, se repite el proceso hasta que cuadren los valores o la discordancia sea muy pequeña.

Además existen varios aspectos que disminuyen la eficiencia de los motores. Un posible desbalance de corriente o de tensión, así como un voltaje de alimentación diferente al nominal, suponen un mayor consumo energético.



Para el cálculo de estos dos parámetros se utiliza las fórmulas mencionadas a continuación:

$$Desbalance - V = \max((\max(V_{AB}, V_{BC}, V_{CA}) - V_{PROMEDIO}), (V_{PROMEDIO} - \min(V_{AB}, V_{BC}, V_{CA})))$$

$$VDN = \frac{V_{prom} - V_{placa}}{V_{placa}} \times 100$$

En varios sistemas se tienen datos de voltajes y voltaje nominal gracias al programa de análisis de resultados del analizador de redes utilizado¹, pero debido a la mala documentación existente, en muchas ocasiones, los datos obtenidos no dan información relevante sobre el estado real de los equipos ya que muchas veces no queda claro si la alimentación de estos es monofásica o trifásica o existe un desbalance controlado para poder así utilizar un número menor de transformadores en la subestación eléctrica (ver documento Excel anexo al informe: *Tabla de Datos*).

Por último, si el motor tiene más de 10 años de edad o ya ha sido rebobinado, también se reduce su eficiencia. En el caso del rebobinado también influye la temperatura a la que este se hizo. En este caso, la sustitución del equipo electromecánico vuelve a ser una posibilidad de mejora. En las comunidades de Dinamarca y El Triunfo, los equipos electromecánicos tienen 9 años, por lo tanto se deberá en un futuro próximo comprobar su eficiencia y analizar la posibilidad de sustitución.

6.2.7. Bombas y condiciones de operación

Las bombas utilizan la potencia mecánica transmitida por los motores, para convertirla en presión manométrica transmitida al agua para hacer alcanzar la altura y la distancia necesaria para su distribución. Es por lo tanto interesante analizar, de la misma forma que para el motor, su eficiencia, sus pérdidas y sus condiciones de operación.

Debido al funcionamiento de los componentes hidráulicos de la bomba, esta sufre pérdidas internas y externas que van en aumento a medida que su vida útil disminuye. Las pérdidas internas se deben a las pérdidas de carga, resultado de la viscosidad y turbulencias que se ocasionan en el fluido. También se suman a esta categoría, las fugas que se originan por el juego entre componentes y las pérdidas por cortante en las tuberías. Las pérdidas externas se deben a posibles fugas externas, en algunos tipos de bombas, y a los rozamientos entre

¹ Programa Power Log del analizador Fluke 430-II



los diferentes componentes. Todas estas pérdidas, se suman y representan una parte del denominador de la fórmula de la eficiencia.

$$\eta_m = \frac{P_{salida}}{P_{mecánica}}$$

Donde P_{salida} y $P_{mecánica}$ se expresan en HP y $P_{mecánica}$ representa la Potencia absorbida por la bomba.

Cuanto mayor sean, menor será la eficiencia, por lo tanto su estudio y análisis puede resultar una potencial fuente de ahorro energético. Se tendría que estudiar el momento en el cual la sustitución del equipo, respecto al incremento de pérdidas, permite un retorno de la inversión a corto plazo.

Debido a la dificultad de calcular las pérdidas anteriormente mencionadas, se suele calcular la eficiencia electromecánica del conjunto, y después, al conocer la eficiencia del motor, se puede deducir la eficiencia únicamente de la bomba. Para ello, se debe conocer la presión manométrica de la bomba. Su cálculo se detalla a continuación:

$$P_{salida} = \frac{Ht \times Q \times \rho g}{746}$$

Con Ht = Altura total de la bomba [mca]

Q = caudal de bombeo [m^3/s]

ρ = densidad del agua [kg/m^3]

g = aceleración de la gravedad [m/s^2]

El valor de Ht se obtiene mediante la ecuación de Bernoulli entre el punto de succión de agua (en el punto donde el agua se encuentra en superficie libre, es decir, el nivel dinámico del agua en el momento de medición de caudal y presión) y el punto de lectura de presión y caudal.

$$Ht = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} + Dr - m + Ns + hf$$

P_2 = presión dada por el manómetro a la salida de la bomba (punto 2 de la ecuación de Bernoulli)

V = velocidad del fluido. Se puede calcular a partir del caudal mediante la siguiente relación:

$$v = \frac{4 \times Q}{\pi \times D^2}$$

$Dr - m$ = distancia entre el suelo (nivel de referencia) y el manómetro

Ns = Nivel del agua dentro del pozo o tanque

hf = pérdidas lineales y singulares

Se considera que no hay pérdidas singulares relevantes entre estos dos puntos de la ecuación de Bernoulli, por lo tanto en este apartado solo se valoraran las pérdidas lineales que se calculan con las siguientes fórmulas:

$$Re = \frac{v \times D \times \rho}{\mu}$$

$$hf = f \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{\varepsilon/D}{3.71} + \frac{2.51}{Re \sqrt{f}} \right] \quad \text{O bien} \quad f = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.71} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Para obtener el valor de la rugosidad absoluta, ε , se utiliza el diagrama de Moody.

Se puede entonces conocer el rendimiento de la bomba si se conocen el caudal de salida de la bomba, la presión de descarga, el nivel dinámico, la distancia desde el suelo hasta el manómetro, así como la distancia desde el eje longitudinal de la tubería abductora hasta el manómetro para conocer el valor de L. Se tiene que tener también información del diámetro y del material utilizado.

En lo que refiera a las condiciones de operación de la bomba, existe un punto de trabajo (Carga-Caudal) donde estas se encuentran trabajando en su punto de mayor eficiencia. Fuera de este punto, se pueden originar muchos problemas, además de la pérdida innecesaria de energía debido al bajo rendimiento. Debido a tandeos excesivos cuando los equipos operan hacia diferentes puntos de la red, o por reparaciones urgentes sin material apropiado, los equipos se pueden encontrar en puntos de operación alejados del óptimo.



6.2.8. Abductoras, líneas de impulsión y redes de distribución

El último componente del sistema causante de pérdidas energéticas, es el conjunto de redes de conducción que lo constituyen.

El primer punto a analizar son las condiciones de succión del equipo. En caso de no trabajar en condiciones de diseño, puede suceder que las condiciones de carga en succión no sean las apropiadas y que, por ende, la altura neta positiva de succión no sea la adecuada.

El segundo punto son las características del sistema de conducción. Se tiene que analizar entonces los posibles problemas de contrapresiones que se pueden originar en caso de que se junten varios caudales a diferentes presiones. Esto puede suceder en comunidades con varias fuentes de abastecimiento de agua, donde se juntan caudales en algún punto de la red. El caso contrario, la presencia de bifurcaciones en redes mixtas o con varios sectores de distribución también es susceptible de análisis. En el caso de existir varios equipos de bombeo trabajando en paralelo con la intención de proporcionar más caudal a la red, también puede suceder que la capacidad del conjunto sea inferior al esperado. Este hecho provoca un aumento de la carga, del costo energético y en consecuencia, una disminución de la eficiencia.

El último punto consiste en las pérdidas lineales y singulares debido al cortante que recibe el fluido por el roce con las tuberías. Estas pérdidas son significativas en casos donde la velocidad del fluido es mayor a 2 m/s. Las pérdidas lineales se calculan de la misma forma que en el apartado anterior. Las pérdidas singulares, debido a todos los accesorios presentes en la red, se puede calcular mediante la utilización de una constante característica o bien con el método de la longitud equivalente. Así se puede aproximar la presencia de cualquier elemento de control de tuberías (codos, válvulas, etc) a una longitud equivalente y calcular pérdidas lineales y singulares a la vez. (Anexo 10.7. *Tabla de equivalencias*)

Para disminuir las pérdidas singulares, una medida de mejora puede ser la reducción o sustitución de elementos singulares en la instalación. Por ejemplo, codos de 95°, se pueden remplazar por codos redondeados para disminuir las pérdidas por choque del fluido con las tuberías. Para las pérdidas lineales, se tiene que identificar las tuberías con circulación de agua a velocidad excesiva y sustituir las tuberías por unas de mayor diámetro. Si éstas son muy nuevas, también se puede añadir un circuito adicional en paralelo al existente, para así distribuir el caudal entre ambas redes y disminuir la velocidad en cada uno de ellos.

Debido a la transformación constante que sufren las comunidades y sus sistemas, por el incremento demográfico, por condiciones meteorológicas y variación de aforos de las fuentes o por temas relacionados con su seguridad, los equipos no suelen trabajar en sus condiciones ideales de diseño. Se debe por lo tanto estudiar periódicamente la eficiencia del

conjunto, con la ayuda de un simulador, con el fin de analizar si la estructura de este es la más adecuada y permite abastecer a todos los usuarios por el menor gasto posible. La posibilidad de sustituir la distribución con bombeo directo por bombeo a tanque de distribución y viceversa, puede ser una medida de mejora. O bien variar las conducciones entre diferentes fuentes de abastecimiento, la incorporación de algún equipo de bombeo adicional y la creación de nuevos tanques.

En los sistemas estudiados, se han observado alguno de puntos explicados en este apartado. En la comunidad de Desvío de Amayo, por ejemplo, existe una red mixta. Desde la zona de bombeo, a la salida de la bomba existe una bifurcación con una válvula de control que abre o cierra el paso al agua hacia una zona de bombeo directo a un caserío cercano. Cuando esta válvula está abierta, el agua fluye por ahí pero también por el otro lado de la bifurcación, ya que no hay válvula de ese lado. En esa zona es probable que se creen contrapresiones y se pierda energía. Sucede lo mismo más adelante, en la red mixta que, con otra válvula de control, se permite o cierra el paso al bombeo directo en la zona más baja de la comunidad. Cuando la válvula está abierta, el agua también circula por la red de impulsión a tanque.

6.2.9. Automatización del proceso

Para controlar los equipos de bombeo en los sistemas estudiados, existen diferentes tipos de control. En la mayoría de casos, el panel de control consta de una serie de elementos como luces de encendido, apagado o bajo nivel de agua, así como un modo automático o manual de manejo de los equipos. También puede incorporar un variador de frecuencia.

Los tipos de control observados son los siguientes:

- Control por presión en tuberías en ASCOPABCO. El equipo se enciende automáticamente cuando el nivel de agua del pozo es suficiente para el bombeo y se apaga cuando la presión en las tuberías alcanzan un valor dado. Este sistema viene gestionado por un variador de frecuencia.
- Control de alto-bajo nivel de agua. Si el nivel de agua de la fuente es demasiado bajo, la bomba puede estar trabajando sin agua y por ende sin refrigeración y sobrecalentarse y quemarse. Para remediar esta situación se incorpora en la fuente unos sensores de nivel que permiten el apagado cuando el nivel es bajo y el encendido cuando este tiene la altura suficiente para su bombeo.
- Temporizador para la detención de los equipos. En la comunidad de El Triunfo, debido a la situación de la fuente y la dificultad de su acceso, el panel de control



Enginyeria
Sense Fronteres

consta de un temporizador que el operario puede programar para el apagado de los equipos pasado un cierto tiempo.

- Control de alto nivel en el tanque de distribución, como sucede en Desvío de Amayo. Este mecanismo evita rebalses en el tanque, y como consecuencia, desperdicio de agua.

Este último mecanismo de control solo esta implementado en una comunidad. Sin embargo, la pérdida de agua bombeada supone un costo energético adicional por desaprovechamiento del recurso. Las largas distancias que separan el equipo de bombeo del tanque de distribución, no hacen viable la instalación de estos sensores ya que supondrían un gasto mayor por pérdidas en conductores y a la vez provocan una mayor pérdida de agua por el tiempo que tarda el operario en realizar y remediar la situación. Se debería realizar un estudio estadístico y un cálculo del tiempo de bombeo necesario para conocer el tiempo de llenado del tanque sin rebalse. Otra medida paliativa en los sistemas en los que este problema es recurrente puede ser entonces, la incorporación de un técnico adicional o de integrante de la junta de agua que se encuentre en la zona del tanque a las horas críticas para avisar al operario de la zona de bombeo mediante teléfono móvil, de la capacidad disponible en el tanque.

Cuanto mayor sea el grado de automatización de los equipos, mejor rendimiento tendrán ya que se evitará su deterioro, las pérdidas de agua por rebalses y se reducirán las horas de trabajo del operario.

6.2.10. Fugas

Las fugas de agua son frecuentes en los sistemas, y suponen un gasto adicional de energía no útil, ya que se desaprovecha el recurso, además que, en períodos de escasez de agua, pueden privar a usuarios de su consumo. Éstas se categorizan por su ubicación en el sistema y se pueden identificar y resolver de varias formas. Así, las fugas pueden tener lugar en la red de impulsión, en el tanque de almacenamiento o en la red de distribución así como en las acometidas domiciliarias.

Cuando las fugas se localizan en la red de impulsión y existe presencia de manómetro a la salida de la bomba, se puede identificar esta anomalía con una bajada de la presión en la lectura del manómetro, debido a la disminución del caudal en las tuberías. Sin embargo, ésta diferencia puede ser imperceptible si la graduación del medidor es baja, lo que suele suceder en la mayoría de sistemas. Otra medida que permite la detección de fugas es mediante el cálculo del tiempo de llenado del tanque cerrando la válvula de control a la salida para impedir que haya consumo mientras se realiza la prueba. La presencia de válvula anti-

retorno a lo largo de la red permite también una menor pérdida de agua en el momento de las reparaciones posteriores a la detección de la fuga.

Las fugas en el tanque de distribución suelen deberse, básicamente a rebalses del tanque debido a un bombeo de agua excesivo. Como se ha comentado anteriormente, la solución que se puede implantar es la automatización del proceso, la incorporación de un segundo operario que se encargue de avisar al operario de la zona de bombeo de la altura excesiva del nivel de agua en el tanque y mediante estudio estadístico del consumo de agua de la comunidad y cálculos de los tiempos de llenado necesarios. En el caso de que la fuga se deba al cierre incorrecto de la válvula de control a la salida del tanque, se puede detectar gracias a un macro-medidor. En este caso se debe comparar la lectura del medidor en el momento de cierre de la válvula y en el de la siguiente apertura.

Por otro lado, las fugas de agua que se puedan ocasionar a lo largo de la red de impulsión se pueden detectar con la comparación de la lectura del macro-medidor a la salida del tanque, y la suma de las lecturas de los micro-medidores de las acometidas domiciliarias. Para poder solucionar estas fugas, reparando las tuberías dañadas, con la menor pérdida posible de agua, es importante que exista en el sistema, un buen conjunto de válvulas de control.

En El Caoba se experimentó la ruptura de una de las tuberías a finales de la red de distribución. Por desgracia, solo hay una válvula de control a la salida del tanque. Para hacer la reparación se tiene que vaciar entonces toda la red de distribución, lo que supone mucha cantidad de agua desperdiciada

El último aspecto a considerar es la pérdida de agua en las acometidas domiciliarias. Es muy importante que cada familia de la comunidad esté concienciada y no permitan que se desaproveche agua al dejarse la mecha abierta.

De forma general, para detectar y reparar fugas en los sistemas es importante realizar un control periódico de detección de fugas. Las tuberías pueden encontrarse al aire libre o bajo tierra, con suelo que puede ser asfaltado o no. El caso del suelo asfaltado es el más complicado de detectar. Para un mejor control, se tendría que estudiar la posibilidad de crear un comité de fugas, con la función de coordinar campañas de detección de fugas, talleres de concienciación y ser un punto de contacto en caso que se detecte una fuga. El último aspecto a considerar es la rapidez de las reparaciones. Para ello, tiene que haber personas en la comunidad, como el operario del sistema, capaces de reparar la tubería dañada o sustituirla, así como tiene que haber el material adecuado para dicha reparación.

En la comunidad de Tilapa por ejemplo, se ha detectado que cada día el macro-medidor contabiliza unos $80 m^3$ de agua. En este caso se tiene que comprobar si la suma de lecturas



de lo micro-medidores dan el mismo valor que las del macro, para así descartar que el fallo se encuentre en el aparato de medida. Si las lecturas dan un valor parecido, entonces este agua no se pierde ya que algún usuario la está consumiendo, contabilizando y por ende, pagando. Pero en caso de no obtener los mismos resultados, se están perdiendo 80m³ de agua diarios no contabilizados y se tiene que analizar el origen de esta diferencia.

6.2.11. Operación, mantenimiento y reparaciones de equipos

El último punto del análisis de eficiencia, trata el aspecto más humano de los sistemas de agua, evaluando la operación y el mantenimiento de los equipos, así como las reparaciones efectuadas.

El primer punto a comentar es la falta de relevo de datos relevantes al seguimiento técnico de los equipos. En la mayoría de casos, por falta de medidores y de conocimientos del operario. A menudo la analfabetización de éstos supone un reto más para el relevo de información. Tampoco existe ningún tipo de automatización respecto al monitoreo de datos.

La presencia de medidores es por lo tanto de extrema importancia para el mantenimiento autónomo de los sistemas. Los medidores eléctricos e hidráulicos permiten comprobar si las condiciones de trabajo de los equipos se encuentran dentro de su normalidad, mientras que los macro y micro-medidores permiten regular el consumo de agua familiar y en consecuencia, disminuir costos.

La limpieza de los equipos de bombeo, así como de la caseta de control también son relevantes. Las tuberías y los tanques deben estar limpios, para que el agua se mantenga siempre potable. La limpieza y el orden dentro de la caseta de control permite un buen entendimiento al operario así como una mayor durabilidad de vida útil de los equipos. En el Majahual, por ejemplo, debido al cambio de tecnología, se han sustituido los equipos de control, manteniéndolos en la caja del modelo anterior, esto puede provocar confusión al operario y dificulta el relevo de información nominal en caso de estudio técnico.

Son muy importantes las capacitaciones dadas a los operarios. Para ello, éstos tienen que estar motivados y dispuestos a aprender. Es importante el acompañamiento de algún representante adicional del sistema. En caso de cambio de personal, se tiene que llevar a cabo reuniones de traspaso de conocimientos, para que no se mantenga el grado de funcionalidad de los equipos.

Cuanto mayor sea el número de reparaciones que los operarios pueden efectuar sin necesidad de contratar a un técnico, menor será el costo en reparaciones y sustituciones de equipos, y mayor será la autonomía de los sistemas. Por ejemplo, en alguna comunidad ya

han aprendido a montar y desmontar un motor, y cuando se encontraron con la necesidad de sustituir un componente, pudieron llevar a cabo la operación personalmente en lugar de tener que sustituir el motor entero, lo que hubiese supuesto un gasto mayor.

Un tema clave para prolongar la vida de las tuberías, son las válvulas de purga de lodo, que permiten eliminar periódicamente la acumulación de lodo que se pueda crear en la tuberías. Así se evitan problemas de contaminación de tuberías y de reducción de diámetro y por lo tanto, aumento de la velocidad y de la fuerza cortante en tuberías. Las válvulas de purga de aire, tiene también una gran importancia, sobretudo en estaciones donde el motor es muy potente, como es el caso de Desvío de Amayo, donde no se puede ni siquiera medir el caudal con el caudalímetro debido a las altas perturbaciones a la salida de la bomba. Esta comunidad tiene una válvula de aire que no funciona, lo que ocasiona numerosas rupturas de tuberías, debido al exceso de presión en el interior de estas

Otra causa de ruptura de conductor, son los numerosos derrumbes de terreno que sufren las comunidades ubicadas en zonas más montañosas. Este es el caso de San Luis EL Coyolar y de El Triunfo. En ambas son frecuentes los derrumbes y se ha tenido que modificar el terreno en el caso de San Luis, mediante mallas para evitar esto derrumbes, y modificando la ubicación de la línea de impulsión, para el triunfo. La seguridad de los operarios para el manejo de los sistemas, es otro aspecto a considerar mejorar.

6.3. Conclusiones y recomendaciones

Las conclusiones principales, fruto del análisis de todos los sistemas en conjunto se detallan a continuación.

Se ha identificado una gran falta de documentación técnica de los sistemas. Debido a la creación del sistema por varias ONG, se han perdido en varias ocasiones, los documentos técnicos de los sistemas. Además, las modificaciones de los datos de diseño tampoco ha sido documentada y es muy difícil conocer los datos nominales de los componentes de los equipos. La recomendación principal que se ha dado a las comunidades es la de, de aquí en adelante, pedir y guardar toda la documentación posible, en caso de cualquier cambio de equipos en el sistema, reparaciones, o nuevas construcciones. La ASAPS tiene que recopilar toda la información de todos y cada uno de los sistemas y tenerla archivada y disponible para cualquier proyecto que pueda ser necesario llevar a cabo en las comunidades.

Los operarios de los sistemas, deben efectuar un mayor relevo de información posible sobre la operación y el mantenimiento de los equipos, las horas de encendido y apagado, las lecturas de los medidores eléctrico e hidráulicos y las incidencias. Toda esta información



Ingeniería
Sense Fronteres

debe estar recopilada con el formato adecuado para su fácil lectura y comprensión. Para poder realizar estas lecturas es imprescindible que haya el mayor número posible de medidores en las instalaciones. En caso de faltar, se tienen que instalar lo más rápido posible.

En algunas comunidades, debido a la disposición de las tuberías, no se puede hacer una lectura del caudal, ni se puede introducir una sonda en el pozo para conocer la altura de agua y realizar aforos, y tampoco se puede medir la presión si no hay un manómetro previamente instalado en la estación. También sucede con aparatos eléctricos, como es el caso de Camino Al Mar, donde no se puede analizar las redes con el efecto del banco de capacitores, ya que si se abre la caja de control, et no funciona, debido a la necesidad de estar la caja cerrada para que todos los componentes hagan contacto. Todas estas situaciones se tienen que remediar cuando se hagan reparaciones o sustituciones de equipos.

Se recomienda también el relevo de la información proporcionada por el tablero de los transformadores, para poder comparar su valor al de la factura DELSUR, y comprobar así su validez. Otros datos a comparar son las lecturas de los micro y macro-medidores para ver si coinciden y el sistema funciona correctamente. Es sumamente importante, en caso de fuente de agua próximas a un río contaminado, el monitoreo de la calidad de agua para evitar el consumo de agua no potable, responsable de numerosas enfermedades.

Se recomienda que las capacitaciones técnicas sean rutinarias y que haya un traspaso de la información en momentos de cambios de personal, como el cambio de junta de cada dos años o la sustitución del o los operarios del sistema. Además, se propone reuniones periódica entre los operarios de las diferentes comunidades, así como representantes de los comités de agua de los respectivos sistemas, para que compartan experiencias, comenten nuevos métodos de trabajo, y se enseñen entre ellos y se motiven para aprender más cosas sobre los componentes de los equipos, como llevar un control de calidad de servicio, como hacer reparaciones de todos los equipos de la cadena electromecánica, etc.

También se anima a la comunidad a tener un mayor número de actividades, sin tener que estar todas dirigidas por las facilitadores de ACUA que gestionan la ASAPS. Así, se recomiendan jornadas, de concienciación y motivación dentro de la comunidad y entre comunidades, para promover la defensa por el derecho humano al agua y a la alimentación y la protección e importancia de los sistemas de agua potable. Se espera una mayor participación de mujeres así como el apoyo al comité de aguas por parte del comité de mujeres.

Se recuerda la importancia de las válvulas anti-retorno, taquillas rompe-presiones, válvulas de control y purgas de aire y lodo, para evitar incidencias en los sistemas, reparaciones

innecesarias y fugas de agua o perdida excesiva en reparaciones. También se tiene que llevar un control del nivel de agua en el tanque para evitar rebalses.

En la misma línea de mantenimiento de los equipos, es muy importante mantener la limpieza de todos los elementos que forman el sistema de bombeo. Los conductos y tanque por sanidad y los sistemas de control para su correcto uso, evitar un deterioro prematuro de los equipos y mejorar las condiciones de trabajo del operario. En las casetas de control tiene también que encontrarse disponible, todo el material necesario para sustituciones urgente y reparaciones. Este material debe mantenerse en el mejor estado posible para que no se estropee. Por ello, es imprescindible mantener la higiene de la zona de bombeo. También se recomienda vallar esta zona para evitar el robo de los equipos utilizados.

En el caso de cualquier tipo de incidencia, es muy importante, además de solucionarlo, buscar la causa de éste para evitar que se vuelva a producir el mismo fallo. En caso de cualquier duda sobre el correcto funcionamiento de los equipos, el operario y la comunidad, de ben transmitir la información a las representantes de la ASAPS para mantenerlas al corriente, para generar una mayor documentación y para conseguir un apoyo técnico por parte de ACUA evitando así que la compañía contratada para solucionar la incidencia es se aproveche de la situación. Además, se recomienda intentar trabajar directamente con proveedores para la sustitución de piezas o la compra de equipos y material de mantenimiento, y tener contratos con empresas para las reparaciones más recurrentes, para que sea así más económico.

Se recomienda que el operario del sistema este alfabetizado para que pueda así relevar la información necesaria comentada anteriormente. No obstante, lo más importante es la presencia de un operario motivado y proactivo, que le importe el sistema y quiera aprender todo lo que pueda sobre los equipos. De ahí también la importancia de realizar actividades de motivación, donde se involucre toda la comunidad.

Es imprescindible la cloración del agua para su correcta potabilización. En alguno sistemas, esta cloración no se realiza, debido a que la comunidad es reacia o bien porque no tienen los conocimientos suficientes para poner en funcionamiento el equipo de cloración. Se tiene que impartir talleres para concienciar de la importancia del agua potable para la salud, y se tienen que dar capacitaciones a los sistemas que no sepan cómo manejar la cloración para que puedan empezar a utilizar correctamente los equipos cuanto antes.

Una de la últimas recomendaciones trata de intentar buscar métodos de reutilización del agua. Al ser un recurso escaso, sobretudo en épocas secas, es importante buscar métodos de poder aprovechar éste agua, mediante biofiltros, como sucede en algunas comunidades. Para ello, se debe concienciar previamente a la comunidad de la utilidad de estos filtros, y explicar bien su método de utilización.



Enginyeria
Sense Fronteres

Gracias a la colaboración de la Universidad Centro-Americana, se ha creado un vínculo entre los sistemas de agua de la ASAPS y la UCA para dar un seguimiento técnico recurrente a los equipos, con la participación de estudiantes de horas sociales. Así, se podrá tener un seguimiento más técnico de los sistemas y evitar reparaciones innecesarias, así como incrementar el conocimiento de los operarios, así como su motivación.

7. Impacto ambiental del proyecto

El impacto ambiental del proyecto es de alta relevancia en países donde el cambio climático es un cambio presente e irreversible. En el mundo de la cooperación se debe tener en cuenta este impacto para reducirlo y así mejorar la calidad de vida a largo plazo de las comunidades a quienes se les aporta la ayuda. No solo en el aspecto técnico, sino que mediante una concienciación social, para el buen entendimiento de la importancia de este y para futuras actuaciones.

Este proyecto se basa en la reducción de pérdidas energéticas y en el ahorro de agua principalmente.

Con la implementación de las medidas de ahorro propuestas, así como el encaminamiento hacia futuros estudios de mejoras, se espera reducir de forma directa el consumo energético de las estaciones de bombeo de las comunidades estudiadas. También se ha dado pie al mejoramiento de operación y mantenimiento de los equipos, con el fin de alargar la vida útil de los equipos así como de prolongar su funcionamiento en puntos de mayor rendimiento.

Además, mediante las medidas de detección de fugas propuestas y la incorporación de medidores para el monitoreo del agua consumida, se pretende disminuir el consumo de agua de las comunidades así como disminuir las pérdidas de agua que suponen gasto energético y desaprovechamiento del recurso.



Enginyeria
Sense Fronteres

8. Presupuesto

El presupuesto real del proyecto se diferencia del presupuesto teórico en muchos aspectos. Por un lado, este proyecto ha representado un proyecto de cooperación voluntario donde el proyectista no ha contado de sueldo para su realización. Además, como se ha comentado en el apartado de Desarrollo del proyecto, la falta de fondos iniciales ha alargado la realización de este, amoldando las visitas a comunidades al planning de la ONG colaboradora y reduciendo el acceso a material de medidas y condiciones adecuadas de estudio. El hecho de ser un proyecto voluntario por el cual la contraparte no ha tenido que aportar un monto económico también ha influido en la priorización que se le ha dado y en la información facilitada para su desarrollo.

Para crear un presupuesto teórico, se ha entonces considerado un sueldo para el proyectista, el alquiler de los equipos, los desplazamientos al país en cuestión y entre las comunidades visitadas. Los tiempos de realización se han adaptado, así, a estas hipótesis.

Se ha considerado entonces que las horas necesarias para la realización de este proyecto son 480 horas, es decir tres meses con trabajo diario de 8h y 5 días a la semana.

También se han considerado 14 visitas a sistemas, de un día de durada cada una, a las 14 comunidades del estudio. En ellas y en un local comunal o en a casa de algún socio del sistema, se ha organizado una reunión previa con el personal y el comité de agua o la ADESCO donde se han repartido alimentación y/o refrigerios en función de la durada de la visita y de la hora de estas. También se ha contabilizado dos reuniones más, una inicial, para presentar el proyecto y conseguir la participación y el apoyo de la comunidad, y la otra al final del período de trabajo, para exponer las conclusiones principales del estudio y dar recomendaciones sobre mejoras de funcionamiento de los equipos.

En la manutención del proyectista se incluye la alimentación diaria y el transporte necesario para llegar a lugar de trabajo, la oficina de ACUA.

Y por último en el apartado de ingresos no restringidos, se ha considerado la aportación de ISF Catalunya que ha proporcionado domicilio y teléfono móvil, y la ayuda de ACUA que ha cubierto el transporte intercomunitario, el alquiler de espacios, la alimentación de los talleres y el sueldo del técnico y de la facilitadora

A continuación, se detallan los gastos e ingresos del proyecto.

Costo unitario	Número de unidades	Costo total
----------------	--------------------	-------------



I. Gastos previos				
Personal	Un ingeniero Industrial	30 €/h	3 meses	13.090 \$
	Facilitadora de la contraparte	30 \$/día	16 días	480 \$
	Técnico para mediciones en campo	40 \$/día	14 días	560 \$
Inversiones	Cámara de fotos	150 \$	1 unidad	150 \$
	Teléfono salvadoreño	20 \$	1 unidad	20 \$
	Ordenador de trabajo	500 \$	1 unidad	500 \$
Costos operacionales	Gastos de viaje	800 €	1 unidad	730 \$
	Transporte intercomunitario	30 \$	16 viajes	480 \$
	Manutención del proyectista	10 \$/día	90 días	900 \$
	Vivienda para el proyectista	100 \$/mes	3 meses	300 \$
	Alquiler de espacios para talleres	20 \$/día	2 talleres	40 \$
	Alimentación en los talleres	100 \$/día	16 talleres	1.600 \$
	Alquiler de equipos de medición	100 \$/día	14 días	1.400 \$
Administración	Alquiler de espacio de trabajo	80 \$/mes	3 meses	240 \$
	Electricidad	10 \$/mes	3 meses	30 \$
	Internet	15 \$/mes	3 meses	45 \$
	Papelería	10 \$/mes	3 meses	30 \$
	Teléfono	10 \$/mes	3 meses	30 \$
I. Ingresos proyectados				
Donaciones restringidas	Préstamo de equipos de medición	100 \$/día	16 talleres	1.400 \$
	Préstamo de lugar de trabajo, internet, electricidad y material de oficina	115 \$/mes	3 meses	345 \$
	Préstamo de teléfono	20 \$	1 unidad	20 \$
	Aportación personal de ordenador y cámara	650 \$	1 cámara y 1 teléfono	650 \$
Ingresos no restringidos	Donaciones aportadas por socios de ISF Catalunya	100 \$/mes	3 meses	300 \$
	Donaciones aportadas por socios de ACUA	3.160 \$		3.160 \$
III. Ingresos y Gastos Totales				
Gastos				20.625 \$
Ingresos				5.875 \$
Total				14.750 \$



9. Conclusiones

En este proyecto se ha analizado la estructura y el funcionamiento de diferentes sistemas localizados en diferentes puntos de la Cordillera del Bálsamo. Mediante este análisis, se han establecido conclusiones y dado recomendaciones sobre las mejoras viables para implementar en los sistemas.

Se han detallado los puntos importantes de análisis a llevar a cabo para monitorear de forma constante el estado de los equipos, dando así herramientas oportunas para que la comunidad sea capaz de realizar ésta análisis de forma autónoma.

Esta recopilación de información permitirá construir la petición del subsidio FINET en las comunidades que no disponen de él para así conseguir reducir de un 20% el costo total de funcionamiento de los equipos de la ASAPS, a la vez que será el referente para la creación de una base de datos con el fin facilitar futuros estudios

Se han planteado también estudios técnicos de mejoras para dirigir futuros proyectos y gracias al contacto establecido entre ACUA, las ASAPS y la UCA, se mantendrá un control técnico de los sistemas gracias a la realización de las horas sociales de estudiantes de la universidad. Aumentando la participación en este tipo de actividades, se conseguirá una mayor concienciación de la realidad de las comunidades rurales salvadoreñas y de la lucha por el Derecho Humano al Agua.

10. Anexos

10.1. Extracto de la Constitución Salvadoreña

Art. 1: El Salvador reconoce a la persona humana como el origen y el fin de la actividad del Estado, que está organizado para la consecución de la justicia, seguridad jurídica, y el bien común. En consecuencia es obligación del Estado asegurar a los habitantes de la República, el goce de la Libertad, la Salud, la Cultura, el bienestar económico y la justicia social.

Art. 65: La Salud de los habitantes de la República constituyen un bien público. El Estado y las personas están obligados/as a velar por su conservación. El Estado determinará la política nacional de salud y controlará su aplicación.

Art. 117: Es deber del Estado proteger los recursos naturales, así como la diversidad e integridad del medio ambiente, para garantizar el desarrollo sostenible. Se declara de interés social la protección, conservación, aprovechamiento racional, restauración o sustitución en los términos que establezca la ley.



Enginyeria
Sense Fronteres

10.2. Ejemplo de memoria de visita a comunidad: San Juan Buenavista





Nombre del Proyecto.

"Organización de la sociedad civil y fomento de la participación democrática en la construcción de políticas públicas para la gestión integrada de los recursos hídricos en El Salvador".

Agencia: ISF-MGI

Programa: Gestión Sustentable del Recurso Hídrico.

Facilitador/a	Nurian Lara/Karina Salinas
----------------------	-----------------------------------

FECHA					OBJETIVO DE LA REUNIÓN	
13 de agosto de 2015					Realizar una reunión de seguimiento y auditoría al sistema de agua de San Juan Buena Vista.	
LUGAR					HORA INICIO	HORA FINALIZACIÓN
San Juan Buena Vista					8.00 am	2.00 pm
ASISTENTES:			4		5	AGENDA.
Total:						
COMUNIDAD		San Juan Buena Vista				
ACUA		Nurian Lara				
ASAPS		Karina Salinas				
<ul style="list-style-type: none">• Presentación• Visita a las zonas de captación de agua• Visita a la subestación eléctrica y mediciones• Visita al tanque de distribución• Conclusiones generales• Revisión de facturas• Cierre						

INFORMACIÓN OBTENIDA/DESARROLLO DE LA REUNIÓN

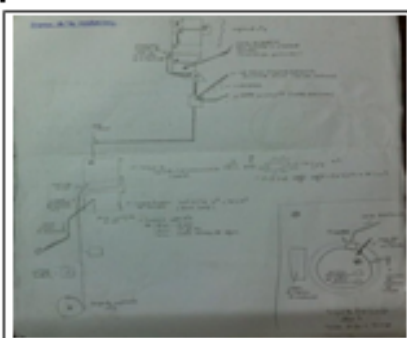
Presentación

La apertura y bienvenida la dio la compañera Karina Salinas de ASAPS, Quien agradeció a los directivos de la ADESCO de San Juan Buena Vista y a los participantes del comité de agua de la misma comunidad.

A continuación la compañera Alba Leduchowicz, voluntaria de ESF se presentó y explicó a los presentes el objetivo de su tesis sobre el diagnóstico de la eficiencia energética de los sistemas

de las ASAPS.

Visita a las zonas de captación de agua



Se visitó la zona de captación de agua para entender la estructura existente y esquematizarla con el fin de analizar las zonas con pérdida potencial de energía.

Se identificaron dos nacimientos: Los tanques, captación compartida con la comunidad de Santa Marta, y Los Chorros, propia de San Juan Buena Vista. Se constató que las construcciones han sido realizadas en diferentes instantes y se identificó sus fechas de construcción (inicios hace más de 60 años, construcción principal en el 2007 y reformas en abril 2015) y las razones de sus existencias.

Se notificó que desde las zonas de nacimiento de agua, hasta el tanque principal de captación, no hay pérdidas energéticas directas ya que el transporte de agua se realiza por gravedad. Tampoco se observaron fugas en ninguna de las tuberías ni tanques presentes en la zona. En el caso de presentarse, la situación sería de malgasto de agua pero no de energía y por lo tanto no tendría consecuencias directas sobre el monto económico pagado por la familias.

Por otro lado, el hecho de compartir el nacimiento de Los Tanques, no parece suponer un problema en cuanto al aforo de la fuente ya que la comunidad de Santa Marta bombea por la noche mientras en San Juan Buena Vista se hace de día.



Sin embargo, se observó que, debido a la mala colocación de una de las tuberías aductoras del nacimiento de Los Tanques, ante un bajo nivel de agua en uno de las cajas de captación, el agua ya no circula ni alimenta la comunidad. Este bajo nivel, en horas programadas de bombeo, puede ser debido a la escasez del recurso pero también a la mala utilización de éste: pese a la existencia del sistema de bombeo, algunas personas de la comunidad han

rechazado este avance y siguen viniendo a lavar su ropa al río, abriendo una de las tuberías de dicho tanque de captación y bajando así su nivel.

Para terminar las conclusiones sobre las zonas de captación, se notificó que el nacimiento de Los Chorros no aparenta tener problemas de aforo ya que el nivel de la caja de captación se encontró al 40% de la capacidad de este en el momento de observación que es aproximadamente la hora de parada del bombeo.

Visita a la estación de bombeo y mediciones

Se observó primero la estructura del sistema eléctrico y se hicieron mediciones en diferentes puntos del arrancador con la ayuda de un multímetro, único equipo disponible por la fecha.

Observaciones:

- La electricidad que demanda el equipo, proviene de los cables de media tensión presentes en la comunidad y adaptada a baja tensión, mediante 2 transformadores de 15 kVA conectados en delta abierto. Esta conexión es menos eficiente que cuando se presentan 3 transformadores, pero es justificada por el costo individual de cada uno de los transformadores.
- El arrancador del motor que acciona la bomba es trifásico y está compuesto por una pantalla de medición eléctrica, tres señales visuales (bajo nivel, sobretensión y marcha), un botón con posiciones manual/off/automático y dos botones de paro y marcha que se utilizan en caso de posición manual del equipo.
- De forma general, se ha comprobado que el sistema funciona en modo automático, es decir que el propio sistema se apaga en caso de bajo nivel de agua o de sobretensiones. Este modo es más eficiente que el modo manual ya que evita que el motor trabaje sin agua o se estropee debido a una sobretensión. Pero a la vez necesita de un operario que este pendiente del llenado del tanque de distribución, para apagar el equipo antes de malgasto de agua por llenado excesivo.
- La pantalla de medición aporta información sobre las tensiones de cada una de las líneas trifásicas que alimentan el motor. También aporta más información sobre otras mediciones. El operario no toma nota de estas medidas, lo que podría facilitar el seguimiento técnico del sistema.
- Existe una falta de iluminación de la cabina donde se encuentra el sistema eléctrico. Esto impide una estancia cómoda en la zona y no facilita las posibles lecturas o el seguimiento técnico del equipo.
- Existe un banco de capacitores para controlar el factor de potencia del equipo. Esto evita una multa por parte de la compañía eléctrica y permite un mejor rendimiento del equipo.



En segundo lugar se analizó la zona de bombeo y los detalles hidráulicos de la instalación. No se pudieron hacer mediciones ni de caudal ni de presión, debido a la falta de equipo y de manómetro en la instalación. En otra ocasión, se podría medir el caudal mediante un caudalímetro, pese a que el espacio y las condiciones de las tuberías es limitado, pero no habría manera de instalar un manómetro manual.

Observaciones:

- Con un manómetro y un ~~macromedidor~~ en la zona de bombeo, no sería necesario equipo de medición, y el operario podría mantener un seguimiento del sistema mediante anotaciones de lecturas.
- El equipo suele funcionar entre las 6h am y las 10h30-11h am, es decir, unas 4h30-5h diarias. El tanque de distribución, sin embargo, tarda en llenarse unas 5h30 según explicación del operario. Es decir que el agua tarda en subir hasta el tanque entre 1h y media hora más. La cantidad de agua bombeada en ese transcurso de tiempo corresponde a la casi totalidad del agua recogida en los dos tanques de captación de 30,4 y 43.2 m³. Y el tanque de distribución tiene una capacidad de 86m³. En el momento de

observación, el segundo tanque se encuentra con un 20% de agua respecto a su capacidad. La observación se realizó casi a la hora de apagado del equipo.

Visita al tanque de distribución

Por último se inspeccionó la zona del tanque de distribución. A la vista que el agua del tanque se distribuye por gravedad a los diferentes usuarios, el coste energético directo se limita en la red de impulsión, hasta la llegada al tanque. A partir de ahí, el malgasto energético se debe únicamente al malgasto de agua por fugas a lo largo de la red de distribución o por sobrellenado del tanque de distribución.

Observaciones:

- Se observó un tanque en buen estado pero con un nivel de agua muy bajo en el momento de la inspección. Eso implica que el consumo por parte de las familias de la comunidad tiene una velocidad similar al ritmo de llegada del agua de la bomba al tanque. Según datos proporcionados por el operario, existen 328 familias y el consumo estipulado con cuota mínima es de 60 barriles.
- Por las marcas de agua notificadas en el interior del tanque, éste no suele llenarse por completo, lo que muestra que su capacidad ha sido bien dimensionada ya que tiene un margen para el crecimiento demográfico de la zona. También muestra que éste no suele llenarse lo suficiente como para rebozarse, por lo tanto, el control del operario respecto al tiempo de bombeo, es el correcto.
- El día de visita no se pudieron hacer mediciones de presión o caudal por falta de equipo pero en una futura ocasión se ha de comprobar la factibilidad de las mediciones de caudal y es de notificar que la medición de presión es poco viable con equipo manual. Sería interesante por lo tanto la instalación de manómetro y ~~macromedidor~~ a la llegada al tanque para comprobar las características de la línea de impulsión.
- Se observó una caseta al lado del tanque, donde se almacenan algunos objetos sobrantes de construcciones y reparaciones. No se ha observado material de repuesto en caso de roturas de tuberías y fugas, pero sí equipo para poder manejar válvulas. Sería interesante tener material de repuesto para poder aumentar la rapidez de actuación en caso de reparaciones y así evitar malgasto de agua y por lo tanto de energía.
- La detección de fugas es visual mediante inspecciones regulares de todo el conjunto de tuberías, aunque se desconoce la frecuencia de estas y el tiempo medio de detección.
- La cloración es diaria mediante introducción de una pastilla ~~cloradora~~ en la salida del tanque de distribución. Por lo tanto el agua del tanque no está aún clorada.

Conclusiones generales

Los operarios mostraron mucho interés por ayudar en la evaluación del sistema, haciendo preguntas de diferentes ámbitos y colaborando con las mediciones. El encargado del sistema de bombeo que vive en la zona de captación, sin embargo, no estuvo presente a lo largo de la visita. Se observó que, con un mayor grado de capacitaciones y con los recursos adecuados, los operarios podrían hacer un seguimiento más técnico al sistema.

No se notificó por parte de los operarios, ningún problema reciente ni recurrente del sistema. Sin embargo, la falta de documentación actualizada sobre el sistema, dificulta su análisis.

Revisión de facturas

Solo se presentaron dos facturas a la hora de la visita con fechas del 13/02/15 y 13/07/15. La información relevante es la siguiente:

- La tarifa contratada es: MBP, media demanda, baja tensión con potencia. Es decir que sí se penaliza el bajo factor de potencia, lo que lo convierte en un elemento importante en el análisis del ahorro energético.
- Se observó sin embargo que la primera factura tiene una penalización de 20\$ mientras la segunda no, a pesar de mostrar las dos el mismo factor de potencia de 87.
- Al contratar baja tensión en lugar de media, se está dejando en manos del suministrador eléctrico, en este caso DELSUR, todo el manejo de los transformadores, pagando un monto superior de tarifa. Hay que estudiar si esta situación es más económica que contratar media tensión y que se auto-gestionen los transformadores (inversión, mantenimiento, etc.)
- Además queda pendiente estudiar la viabilidad de contratar otro tipo de tarifa según un estudio de la demanda anual. Haría falta en ese caso las facturas de cada mes del último año para poder hacer un análisis exhaustivo.
- El consumo energético entre los diferentes meses del año es muy variable. De los datos obtenidos en la inspección se ha calculado una diferencia de 1252 kWh entre los meses de mayor y menor consumo.

Cierre

Antes del cierre de la jornada se dio con un pequeño refrigerio.

Se estipuló la documentación necesaria para que la comunidad ceda a ACUA en siguientes visitas y pueda aportar la información faltante del estudio de eficiencia energética. Los documentos más relevantes son las facturas de los últimos 12 meses y la catastro de consumo de agua por parte de la comunidad ya sea de forma individual o en conjunto, pero de forma mensual también.

Al final de la reunión, se despidieron todos los presentes y dieron las gracias por su asistencia.

VALORACIONES Y/O RECOMENDACIONES

La visita se llevó a cabo con normalidad. Los directivos se comprometieron con el proyecto, y los operarios que acompañaron la visita se vieron motivados por aprender más sobre el funcionamiento del sistema así como para involucrarse más en la parte técnica y poder mantener siempre en funcionamiento la lucha por la reivindicación del derecho humano al agua y la alimentación.

DOCUMENTOS ADJUNTOS AL ACTA

☒ Lista de asistencia.

F. _____

Responsable

F. _____

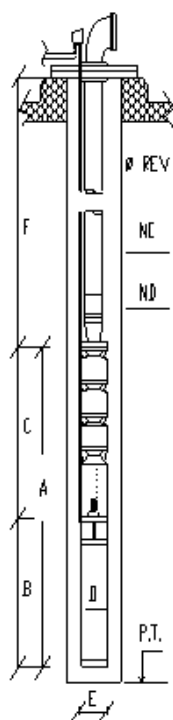
Coordinador



Enginyeria
Sense Fronteres

10.3. Ejemplo de Ficha Técnica

NOMBRE SISTEMA DE AGUA:						
HOJA TECNICA						
CARACTERISTICAS DEL EQUIPO DE BOMBEO						
PLANTA DE BOMBEO				FECHA:		
MUNICIPIO				EQUIPO No		
DEPARTAMENTO						
FUENTE :	POZO	CISTERNA	CAPTACION			
TIPO OPERACIÓN :	BOMBEO	REBOMBEO	BARRIL			
SUBESTACION ELECTRICA						
TRANSFORMADORES				INSTALACION EN:		
No.	No. DE INV.	KVA	SERIE	VOLTAJES PRIMARIO:		
1				VOLTAJES SECUNDARIO :		
2				TIPO DE CONEXIÓN:		
3				LONGITUD LINEA PRIMARIA AL PUNTO DE ENTREGA :		
PROPIETARIO DE LA SUBESTACION ELECTRICA						
MOTOR ELECTRICO						
POTENCIA :	VOLTAJE :	VELOCIDAD :	KVAR MAX. :			
MARCA :	CORRIENTE :	AISLAMIENTO :	No. SERIE O ID#:			
MODELO :	No. DE FASES	EFICIENCIA :				
CALIBRE DEL CABLE DE LA ACOMETIDA			DISTANCIA ACOMETIDA:		F.S. :	
DIAMETRO DEL DUCTO DE LA ACOMETIDA			Ø CAMISA ENFRIAMIENTO:			
NUMERO DE INVENTARIO:			DEMANDAS:		AMPS en placa	
ARRANCADOR						
POTENCIA :	VOLTAJE DE OPERACION :		KVAR INSTALADOS:			
MARCA :	VOLTAJE DE CONTROL :		INSTRUMENTOS DE MEDICION:			
MODELO :	RELE DE SOBRECARGA:		LUCES PILOTO :			
BREAKER :	TIPO DE ARRANQUE:		NUMERO DE INVENTARIO:			
CABEZAL DE DESCARGA						
MARCA :			Ø DE SUCCION :			
MODELO :			Ø DE DESCARGA			
MATERIAL :			No. y Ø DE AGUJE			
Ø DEL PLATO			NUMERO DE INVEI			
BOMBA						
MARCA :		CAUDAL :		VELOCIDAD :		
MODELO :		CARGA :		JUEGO AXIAL :		
No. ETAPAS:		Ø TAZON:		Ø IMPULSOR:		
No. SERIE :		MODELO TAZON :		TIPO DE IMPULSOR:		
EFICIENCIA :		MED. PERNO TAZON:		MODELO DE IMPULSOR:		
NUMERO DE INVENTARIO:				Ø EJE:		
TUBERIA DE COLUMNA						
TUBOS			Ø DE TUBOS DE SUCCION:			
REDUCTOR EN CABEZAL:			MATERIAL: ACERO AL CARBON GALV			
DATOS DEL CABLE SUMERGIBLE						
CALIBRE DEL CABLE		LONGITUD DEL CABLE		NUMERO DE HILOS DEL CABLE		
MEDIDAS DE DATOS DE EQUIPO DE BOMBEO EN POZO						
Indicar las siguientes medidas del equipo de bombeo (en pies):						
A:	B:	C:	D:	E:	F:	ND
OBSERVACIONES :						
Sello de la empresa			Nombre y Firma de quién tomo los datos			



10.4. Ejemplo de Ficha de Mediciones

NOMBRE SISTEMA DE AGUA:									
MEDICIONES HIDRÁULICAS									
NIVELES (m)									
					Nivel de depósito de succión (A)				
					Longitud de la tubería de succión (B)				
					Longitud de la tubería de descarga (C)				
					Altura del manómetro de descarga (D)				
LÍNEA DE SUCCIÓN									
Diámetro		Material		Lectura de manómetro					
LÍNEA DE DESCARGA									
Diámetro		Material		Lectura de manómetro		Gasto			
MEDICIONES ELÉCTRICAS									
TENSIÓN ENTRE FASES									
		V_{ab}		V_{bc}		V_{ca}			
CORRIENTE POR FASE									
		I_a		I_b		I_c			
POTENCIA ACTIVA									
		P_a		P_b		P_c			
FACTOR DE POTENCIA									
		FP_a		FP_b		FP_c			
Incluye el efecto del banco de capacitadores? (Sí o NO)									
MEDICIONES DE TEMPERATURAS									
EQUIPO DE CONTROL									
		INTERRUPTOR		Fases	A	B	C	N	
				Entrada					
				Salida					
		ARRANCADOR		Entrada					
				Salida					
MOTOR									
CARCASA		RODAMIENTOS		Inicio flecha	Final flecha				
TRANSFORMADOR									
		BORNES ALIMENTADOR		Fases	A	B	C	N	
		BORNES BAJA TENSIÓN							
BOTE									
		Parte superior		Parte inferior					
RADIADOR									
		Parte superior		Parte inferior					
RESPONSABLE									
Levantamiento de datos									
Mediciones									
Supervisión y análisis									



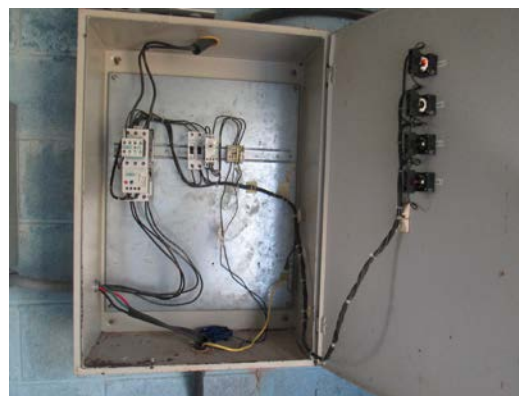
Enginyeria
Sense Fronteres

10.5. Fotografías sistemas

10.5.1. El Majahual



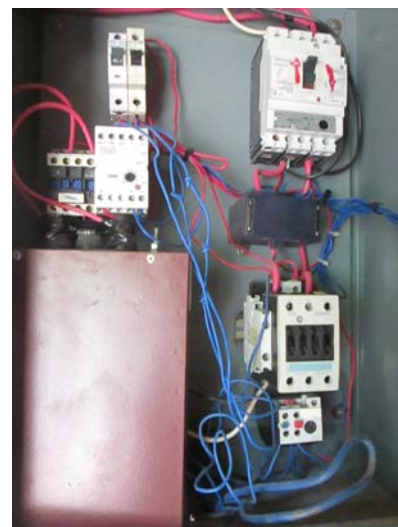
10.5.2. Los Ángeles San Blas





10.5.3. El Charcón





10.5.4. El Caoba



10.5.5. ASCATLI





10.5.6. Desvío de Amayo





10.5.7. Cangrejera Centro



10.5.8. Dinamarca



10.5.9. San Luis El Coyolar





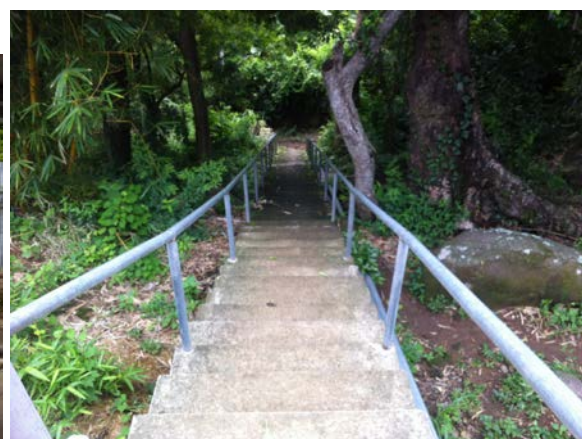
10.5.10.ASCOBAPCO

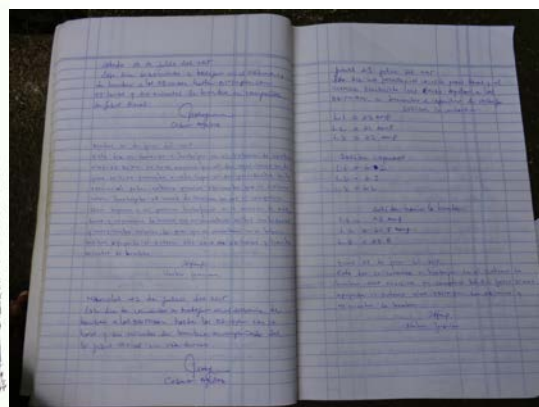


10.5.11.El Triunfo



10.5.12.Tilapa





10.5.13. San Juan Buenavista

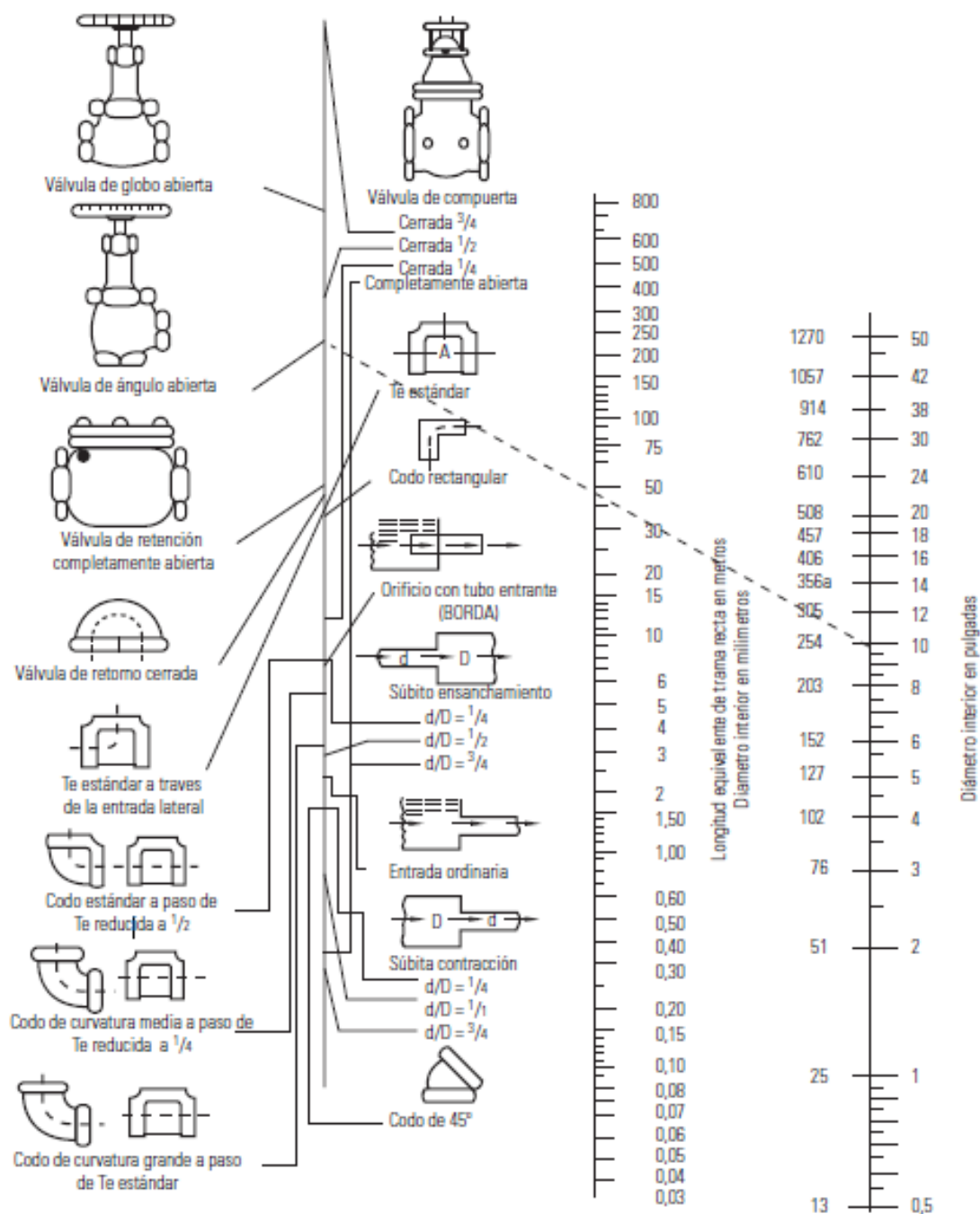


10.6. Estructura transformador

¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.



10.7. Tabla de equivalencias



11. Bibliografía

Referencias bibliográficas

- [1] IEPALA, Cooperación para el desarrollo en América Central y Caribe, *Contexto del Salvador*, <http://iepala.es/cooperacion-al-desarrollo/donde-estamos/america-central-y-caribe/subregiones/convenio-regional-en-america/contexto/el-salvador/>
- [2] FCAS, Fondo de Cooperación para Agua y Saneamiento, *El Salvador*, <http://www.fondodelagua.aecid.es/es/fcas/donde-trabaja/paises/el-salvador.html>
- [3] Nelson Arévalo, *Agua: recurso abundante y estratégico, pero escaso para la población* <http://www.uca.edu.sv/virtual/comunica/archivo/abr132007/notas/nota19.htm>
- [4] ACUA, *Misión y visión*, <http://www.acua.org.sv/index.php/quienes-somos>
- [5] Osfam Solidarité y ACUA, *Organizándonos para gestionar nuestro sistema de agua potable*
- [6] Internacional center for Aquaculture and Aquatic Environment, Arburn University, Introducción a la captación de agua, <http://www.auburn.edu/~clinedi/Spanish%20Publications%20Website/publications/Spanish%20WHAP/GT3%20Water%20Harvesting.pdf>

Bibliografía complementaria

Para entender la estructura organizativa con más detalle, así como las luchas llevadas a cabo en El Salvador por las organizaciones mencionadas en ese proyecto, se recomienda visitar las siguientes páginas web:

- <http://forodelagua.org.sv/>
- <https://catalunya.isf.es/>
- <http://www.acua.org.sv/>

Si se quieren conocer más datos e información sobre la lucha por el agua y la comercialización del recurso, se puede leer el siguiente libro:



- Ingeniería Sin Fronteras, *Agua, un derecho y no una mercancía, Propuestas de la sociedad civil para un modelo público de agua*, Icaria

Y finalmente para comprender la situación actual de los países latinoamericanos y entender el conflicto armado de los años 80 en El Salvador, consecuencia directa de la desestabilización actual, se recomiendan estos dos libros:

- José Ignacio López Vigil, *Las mil y una historias de radio venceremos*
- Eduardo Galeano, *Las venas abiertas de América Latina*